

“十五”国家出版规划重点图书

中国科学院高技术研究与发展
“九五”重大项目

《中国古代工程技术史大系》
主编/路甬祥

张　芳/著

山西出版集团
山西教育出版社

中国古代
灌溉
工程技术史

ZHONGGUO GUDAI
GUANGAI
GONGCHENG JISHUSHI

中国古代
灌溉
工程技术史

张 芳 著

山西出版集团
山西教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国古代灌溉工程技术史/张芳著.—太原:山西教育出版社,2009.6
(中国古代工程技术史大系)
ISBN 978-7-5440-3623-8
Ⅰ.中… Ⅱ.张… Ⅲ.灌溉—水利史—中国—古代 Ⅳ.S275-092
中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第075062号

中国古代灌溉工程技术史
ZHONGGUO GUDAI GUANGAI GONGCHENG JISHUSHI

出版策划 王佩琼
责任编辑 王佩琼 薛海斌
复　　审 刘立平
终　　审 荆作栋
装帧设计 王耀斌
印装监制 郭　勋
贾永胜

出版发行 山西出版集团·山西教育出版社
(太原市水西门街馒头巷7号 电话:4035711 邮编:030002)
印　　装 山西新华印业有限公司
开　　本 787×1092 1/16
印　　张 40.5
字　　数 868千字
版　　次 2009年6月第1版 2009年6月山西第1次印刷
印　　数 1—5000册
书　　号 ISBN 978-7-5440-3623-8
定　　价 129.00元

《中国古代工程技术史大系》编委会



序言

周光召

“工程技术”活动是人类最为基本的社会实践之一。现代工程技术主要表现为以科学发现来引导技术创新，并应用于生产；又围绕生产过程对技术实行集成，并以理论的形态，形成诸多独立的学科，起到联结科学与生产的桥梁作用。工程技术是在人类利用和改造自然的实践过程中逐渐产生，并发展起来的，在古代，人们只有有限，且不太系统的科学知识；科学与生产的联系也不像今天这样直接和紧密。古代工程技术，主要表现为累积了世代经验的生产手段和方法，这些手段和方法，有的经过了一定的总结和概括，有的就蕴含于生产过程之中。当然，由于目的及所采用的手段和方法的不同，古代工程技术也形成了许多门类。就中国古代工程技术而言，最为主要的有以下内容：采矿技术、冶铸技术、机械技术、建筑技术、水利技术、纺织和印染技术、造纸和印刷技术、陶瓷技术、军事技术、日用化工技术等。这些门类，也就是《中国古代工程技术史大系》所要包括的内容。

在科学技术突飞猛进的现代，来研究中国古代工程技术史，我觉得不能不思考三个问题，一是中国古代工程技术发展的特点或规律，二是中国古代工程技术实践的历史意义，三是中国古代工程技术实践的现实价值。我是学现代工程技术的，近些年因工作关系，与科学史界有较多接触，这次《中国古代工程技术史大系》编委会要我担任主编，也促使我有意识地对这些问题进行了思考，借此机会，谨将一些初步的认识梳理罗列于下，以与海内外科学史界的朋友交流、讨论。

（1）中国古代工程技术发展的主要特点

根植于中华农业文明，发展进程具有连续性、渐进性和相对独立性。

国家因素起着重大作用，具有强大组织功能的中央集权制国家机器推动产生了一系列规模宏大的工程技术实践。

独特的环境、独特的资源和独特的历史，孕育了诸多独特的发明创造。

辽阔与各具特点的地域，既孕育了丰富多样的技术成果，也导致了技术发展的地区差异。

（2）中国古代工程技术实践的历史意义

与中国古代农业技术相结合，共同构成了中华农业文明体系的技术基础。

以富有特色的大量发明创造，形成了世界古代工程技术的独特体系。

以一系列独具匠心的发明，对人类文明进步和近代世界发展作出了贡献。

凝聚了中国古人对于自然以及人与自然关系的丰富而独到的认识。

（3）中国古代工程技术实践的现实价值

当前我们正面临一个全球化的时代，现代化和全球化不能以失落传统为代价，未来世界应当是一个高度发达，同时又保有多样文化传统的多彩世界，中国古代工程技术实践的成果结晶既是中华民族文化传统的有机组成部分，也是人类科学技术传统的重要组成部分。

基于“敬天悯人”的意识，中国先贤一直以“顺天而动”、“因时制宜”、“乘势利导”、“节约民力”为工程技术活动的重要原则，由于多种因素的交互作用，既有成功，也有失败，这部“悲欣交集”的历史长卷，对于今天的工程技术实践乃至整个人类的活动，仍有丰富的启迪意义。历史的经验和教训从来都是一笔宝贵的财富，后来者要善于以史为鉴、服务当今、创造未来。

以上诸点，只是粗线条的概括性认识。我相信，本书各卷的撰著者，必然都从各自的领域和角度对这些问题进行了深入的思考，并以大量的资料进行论证，从而得出自己独立的见解，为读者展现出丰富而生动的学术成果。

中国科技史研究以往存在重数理而轻技术的现象，我希望这次通过编纂《中国古代工程技术史大系》，能够集中全国各方面专家学者的力量，对中国古代工程技术实践进行系统的整理和研究，力求科学地理解中国古代工程技术发展的历史，并对以往有关中国古代工程技术史的研究进行一次总结。

前言

灌溉工程技术是水利工程技术的重要组成部分。本书所指的“灌溉工程”，即人们通常所称的“农田水利工程”，或“灌溉排水工程”，现在亦称为“农业水土工程”。修建的目的是通过工程设施和技术手段来调节和改变农田水分状况和地区水利条件，以消除水旱灾害，达到符合农业生产的要求，并做到合理利用水资源，为发展农业生产服务。我国北方降雨量少，气候干旱，农业生产讲究抗旱保墒，同时重视灌溉；南方以种植水稻为主，由于作物生长期与天然降水时节有时并不吻合，亦有赖于灌溉的实施。因此，从某种意义上说，中国的农业基本上是灌溉农业，部分地区要通过灌溉和排水才能增强农业的抗灾能力，保持粮食产量的稳定发展。中国是一个农业大国，水利是农业，也是国民经济的命脉，自古以来，兴办水利事业被看做安邦、定国、裕民的战略措施之一，为此兴修了众多的灌溉水利工程。在实践中技术不断进步，积累了丰富的灌溉工程技术经验，有许多技术创造颇具特色，影响深远。

中国古代灌溉工程技术具有自身的特点：

其一，产生的时间早。中国是世界四大文明古国之一，农田灌排技术早在六千多年前的新石器时代便已萌芽，最先出现于长江中下游地区的原始水田区，先民们在低洼地区利用骨耜、石犁和破土器开沟筑埂，排水辟田，引水灌溉，出现了原始的灌排工程技术。相传四千多年前大禹在从事大规模治水活动中产生了沟洫技术，经夏、商、西周时期的发展，逐步形成农田沟洫体系。两千多年前的春秋战国时期已产生大型陂塘蓄水工程技术和大型灌溉渠道工程技术，凿井灌田已见之文献记载，圩田工程技术也肇始于这一时期，还出现了最早总结水利技术理论的著作《管子·度地篇》。我国在春秋战国时期的灌溉工程技术水平已达相当的高度，有些工程一直留存至今，如安徽寿县的芍陂（今安丰塘是其遗存）、四川成都平原的都江堰等，它们技术水平之高超让人惊叹。

其二，工程技术类型多样。中国国土广袤，地形地貌多样，气候变化万千。既有逶迤起伏的丘陵山地，又有一望无际的平原；既有壮阔的高原，又有缓坦的盆地；既有源远流长的河川，又有星罗棋布的湖泽；既有西部内陆干旱半干旱区，又有东部季风湿润区。为适应各地水文、地理等自然条件的复杂性，古代创造了多种多样的灌溉工程技术类型。在丘陵山地，水流容易流失，干旱是农业生产要解决的主要问题，为此因地制宜，创造了多种类型的陂塘堰坝工程，以达到滞洪蓄水的目

的。有在溪流上筑坝，拦蓄水流的灌溉工程，称之为“堰”、“坝”、“陂”、“竭”等；有在平地凿池，或在谷口及高地水所汇归处筑堤，就地潴蓄雨水的，称之为“塘”或“荡”。后来还出现了梯田与堰坝配合的梯级堰坝工程，及绕山渠道把大小陂塘连接起来的陂渠串联工程，形成类似“长藤结瓜”式的引、蓄水密切结合的水利系统。北方平原面积广大，但河流密度不大，往往修建长距离的引水灌渠工程。又因北方多含泥沙量大的河流，我国很早就引多沙河流进行淤灌和放淤，做到同时利用水、沙资源，形成一套有特色的引浑水灌溉的工程技术，既灌溉了作物，又改良了盐碱地。北方平原不仅利用地上水，还努力利用地下水，新石器时期已开始浚泉凿井，春秋时在园圃中凿井灌溉已较普遍，之后不断发展，到明清时期华北平原已形成大范围的井灌区，水井类型多样。黄淮平原地势特别平坦，排水不畅，还采用筑堤防洪、疏河排水的技术治理。南方沿江滨湖低洼平原地势平衍，河湖密布，土地肥沃，水土资源丰裕，但因过于沮洳下湿，极大地影响农业生产的进行。唐宋以后，大力开河筑圩，排水御洪，兴建独具一格的水网圩田工程，积累了丰富的筑圩浚河技术经验，把卑湿的“涂泥”之地，建成富饶的鱼米之乡。西北干旱区没有灌溉就没有农业，除采取开渠引地表河水灌溉农田的方法外，还在降雨量最少的吐鲁番等地开凿独特的引取地下潜水的坎儿井，坎儿井能减少蒸发和避免风沙的侵袭。渠道防渗技术也首先出现于西北干旱地区。东南沿海的平原地带，常遭受海潮的侵袭，古代人民根据不同地区的海岸地质、动力条件，创建了多种形式和多种结构的海塘工程，较好地保证了沿海平原地区的农业生产和城镇的安全。沿海各省还修建了许多御咸蓄淡工程。我国山丘区的盆地是重要的农业基地，各地因地制宜或开渠引水灌溉，或修筑塘坝蓄水灌溉，最早开发的汉中、南阳等盆地积累了丰富的灌溉工程技术经验。我国云贵高原开发也很早，云南高原湖泊众多，明清时进入大开发时期，积极利用和治理湖泊，工程技术大为提高。大致来说，北方多兴修引渠灌溉工程；南方山丘区以蓄水塘坝为主，低洼平原以水网圩田为主；江淮地区位于南北过渡地区，多修建陂渠串联工程。这些多样的灌溉工程技术类型经历了数千年的实践检验，具有强盛持久的生命力。

其三，工程技术的应用面广量大。灌溉工程的兴建与农业生产密切相关，直接为农业生产服务。在古代社会中，农业是最主要的生产部门，是国民经济的基础，这就决定了灌溉工程技术的社会普遍性。灌溉工程往往由国家或各级政府组织兴修，广大的民众参与施工建设和经常的维护管理工作。各个历史时期兴修的工程达数百、数千，甚至数万。如汉武帝时鼓励兴修水利，在朔方、河西、关中、华北出现不少“灌田各万余顷”的大型灌溉工程，“它小渠及陂山通道者，不可胜言也”（《汉书·沟洫志》）。唐代元和三年（公元808年）仅南昌县即兴修陂塘598所，溉田12 000顷。宋代熙宁时颁布了农田水利法，鼓励兴修农田水利，全国共兴修水利10 783处，受益农田36万多亩。明初，为了改善农业生产的条件，明太祖“谕天下有司皆兴水利”，并遣国子监生及人才分赴天下郡县督吏民修治水利。后据洪武二十八年末的统计，“是岁开天下郡县塘堰凡四万九百八十七处，河四千一百六十二处，陂渠堤岸五千四十八处”（《明太祖实录》卷二四三）。据统计，明代中期江西省的塘堰数已超过两万所。新疆清后期共有灌溉干渠944条，灌溉农田达

1 119．95 多万亩。从上述可见灌溉工程技术应用的普遍性。在施工中，民间培育出许多能工巧匠。如清代乾隆时修筑海宁老盐仓段鱼鳞大石塘，该段地基为浮沙，桩打下去易浮起，后得到一位有经验的老塘工指点，才解决了浮沙打桩这一关键技术问题。

其四，社会效益高。灌溉工程技术的进步，能直接转化为生产力，对农业生产的促进作用巨大。如战国时期灌溉渠道工程技术飞速发展，秦国利用国家的力量兴修大型灌渠工程，在成都平原兴建了都江堰，在关中兴修了引泾灌渠、郑国渠，两渠效益显著。都江堰建后，"于是，蜀沃野千里，号为陆海。旱则引水浸润，雨则杜塞水门"，成为"水旱从人，不知饥馑，时无荒年"的天府之国（《华阳国志·蜀志》）。郑国渠"用注填阏之水，溉泽卤之地四万余顷，收皆亩一钟。于是关中为沃野，无凶年，秦以富强，卒并诸侯"（《史记·河渠书》）。唐中期至五代时期，江南水网圩田技术发展很快，太湖平原逐步形成五里或七里一纵浦，七里或十里一横塘的水网，在高田区构成塘浦网络，在低田区构成位位相承棋盘式的水网圩田，又完善太湖湖堤和沿海海塘系统，在高低区分界处和沿江沿海设置堰闸，这样就建成了有规则的太湖塘浦圩田系统。于是"低田常无水患，高田常无旱灾，而数百里之地，常获丰熟"（郏亶《水利书》），由此促使太湖地区农业经济的繁荣，为国家经济重心的南移奠定了基础。宋代熙宁期间政府有组织地在北方进行大规模的放淤活动，放淤的水源有汴水、黄河、漳河、滹沱河、胡卢河及天河水等，放淤技术大有进步，取得明显的效果，仅据有淤田面积的资料统计，就共淤田 645 万亩，这次活动使大片的盐碱瘠薄地得到改良。明清时大力修筑江浙海塘，"易土塘为石塘，更民修为官修，巨工累作，力求巩固"（《清史稿·河渠志三》）。海塘工程技术创新甚多，这些工程有力地捍御了江浙沿海大片平原的农业生产和城镇的安全。

我国古代的灌溉工程技术历史悠久，是我国人民在实践活动中自行创造的，适应了我国各地的自然地理条件，因地制宜，类型多样，内容非常丰富，在世界上具有独特的地位。灌溉工程技术历经了起源、发展、深化的过程，它们的发展与社会政治经济相互制约，相互促进，有关技术发展的内史与外史，以及在社会发展中的地位，是需要认真加以研究的。此外，兴修灌溉工程的指导思想、设计思想，以及在此基础上形成的水利理论，体现了各时期人们对水利科技达到的认识水平，其中有经验也有教训，这些对现代水利建设可起到借鉴的作用。而以往对历代水利事业的兴修、发展、变化研究较多，对工程技术方面则缺少系统的研究。我们知道利用技术能直接改造自然，灌溉工程技术对我国古代农业生产的发展，社会经济的兴衰都直接发挥作用，故撰写一本灌溉工程技术史是非常必要的。而且，我国水利文献卷帙浩瀚，还有不少古代兴修的水利工程仍在运行并发挥作用，这些皆为灌溉工程技术史的研究提供了有利条件。

依据我国灌溉工程技术本身发展的特征，结合各个历史时期的社会条件，我国古代灌溉工程技术史可分为以下四个阶段：

第一阶段，新石器时代至夏、商、西周时期，这是水利工程技术萌芽及以沟洫水利为主的起始期。新石器时代中期，灌排水利工程技术因原始农业发展的需要而产生。农田灌排技术首先起源于南方的原始水田地区，这从长江中下游出土的新石

器水田工具及原始水田遗址展示的灌排水渠和蓄水塘可得以证明。当原始农业向平原地区进展时，就面临了要解决洪涝水的问题，起初采用的是“障”和“堙”的技术方法，之后面对特大洪水，人们又改进技术方法，出现了以排洪涝为主的沟洫水利技术。相传大禹曾“尽力乎沟洫”（《论语·泰伯》），“决九川距四海，浚畎浍距川”（《尚书·益稷》），主要进行疏导工作，兼采“陂障九泽”的方法，平治了水土，促使低地农业有了发展，社会也进入奴隶制的夏代。商代沟洫水利继续发展，殷商甲骨文中，有表示田间沟渠的文字。西周时期，和井田制配合的沟洫工程已比较系统了。《周礼》“遂人”、“考工记·匠人”有关于旱地沟洫的布置规格，大致分为畎、遂、沟、洫、浍五级大小水沟，最后排水于川。旱地沟洫的功用主要是排涝。《周礼·稻人》有关于水田沟洫的布置，设有蓄水的“潴”、拦水的“防”、输水的“沟”、均水的“遂”、关水的“列”（田塍）、排水的“浍”，组成一套水田的灌排水利设施。又据《诗经》记载，西周时北方已有稻田灌溉工程和引泉灌溉等方法。凿井技术也萌芽于新石器时期，商、西周时期凿井已经普遍，类型多样，为井灌的产生创造了条件。但总的来说，这一时期的灌溉工程技术还处于初创阶段。

第二阶段，春秋战国至南北朝时期，是大型灌溉工程技术及陂塘工程技术迅速发展的时期。春秋战国至汉代，封建制度确立和巩固，广泛使用铁农具，积极推行重农政策，促使农田水利迅速发展，其重点由低地治水，转到发展农田灌溉为主，灌溉工程技术也因社会的需要而飞速发展，并建成不少大型灌溉渠道和陂塘工程。

大型灌渠工程，战国时著名的有魏国的引漳十二渠，秦国的关中郑国渠和四川都江堰。西汉武帝时在关中兴修了龙首渠、白渠、成国渠等。宁夏引黄渠道汉渠、汉延渠也可上推至汉代。新疆楼兰地区有“横断注滨河”的引水工程。之后，三国时曹魏在今北京建戾陵堰、开车箱渠。这一阶段根据水位和引水量状况修建有坝引水和无坝引水工程。有坝引水记载最早的是公元前453年修建的“遏晋水”的智伯渠，之后建成的漳水渠，在20里长的漳水上建12座低滚水坝。渠首壅水坝一般修筑成柴木坝、土石混合坝、竹笼石坝、堆石坝、砌石坝等。无坝引水建有分水堤、湃水堤、顺水堤等导流整治工程，以改善无坝引水的条件。渠首枢纽一般选在河流由山区进入平原的出山口段，进水、溢洪、排沙等设施安排合理，已出现系统工程的雏形。引水口位置都选择在河道凹岸偏下游的地方，这样引取的水量多，含沙量又少。渠道已采用“表”、“准”、“度”等勘测技术定渠线，并绘制或利用地图进行规划。还将灌溉干渠布置在较高地带，以尽量扩大自流灌溉的面积。引浑水灌溉的渠道纵坡布设得较陡，可防止淤积。渠道建筑物种类很多，有进水闸、分水闸、节制闸、放水闸涵、隧洞、渡槽、倒虹吸管、涵管、跌水等，还有泄水、退水、量水建筑物等。在灌溉技术方面，春秋时已有畦灌、沟灌和淹灌等不同的灌水技术，之后出现了淤灌改土、水温调节、遥润渗灌等特殊技术，并制定灌溉用水管理制度。

大型陂塘工程以公元前600年左右楚国在淮南修建的芍陂为最早。西汉时汉中、南阳、汝南地区陂塘工程很是发达，东汉时进一步向南方发展，修建的浙江绍兴鉴湖、余杭南湖工程规模都很大。之后三国孙吴在江苏句容兴修赤山湖，晋代建

丹阳练湖和新丰塘等。当时能因地制宜规划布置陂塘，巧妙地利用地形兴建平原水库或山谷水库，布设堤坝、水门和溢流设施，形成具有蓄、灌、排较为完整的蓄水工程体系。尤其是创造了陂渠串联工程技术，能对水资源更充分地加以调节利用，增加灌溉面积，提高灌溉保证率。这一技术春秋战国已应用，汉代时淮河、汉水流域的丘陵地区已经普及，之后更向南方发展。此外，春秋战国时期，井灌有了明确的记载，汉代井灌在园圃已普遍，并开始在大田中应用，北魏时有了布置井群的记载。凿井技术得到发展，深井数量增多，水井类型除前阶段有的木构井、土井、竹圈井外，又出现了陶圈井和砖井。这一阶段还发明了桔槔、辘轳、翻车、渴乌等提水和汲水机具。

第三阶段，隋唐宋元时期，是水网圩田和挡潮工程技术快速进步，各种灌溉工程技术全面发展的时期。圩田修筑技术起源于春秋吴越时的太湖地区，但发展一直不快。唐宋时由于经济重心南移，南方生产工具的进步，政府重视低地平原的农业开发，于是促进了水网圩田水利的建设，形成浙西围田、江东圩田、浙东湖田、广东堤围等不同的圩田水利形式。尤其以中唐至五代时太湖平原取得的塘浦圩田系统技术成就最大。又在皖南芜湖建成万春圩、珠江三角洲建成桑园围等许多大圩。这一时期积累了较为丰富的圩田修筑技术，总结出“修围、浚河、置闸”为筑圩的三项基本技术要素，还在一些圩区实行联圩并圩，分区分级控制，基本实现了内外分开和高低分开，有利于圩田的排灌。太湖平原为解决围田与水利的矛盾、治水与治田的矛盾、蓄水与排水的矛盾，及洪涝水的出路问题，以减少水旱灾害，努力探求治水方略，积累了不少治水经验和治水理论。东南滨海平原这一时期挡潮蓄淡工程技术大为提高。江浙沿海建成了系统的海塘工程，创造出土塘、竹笼石塘、石囤木柜塘、柴塘、坡陀石塘、直立式石塘等多种结构形式，开始重视间接护岸工程。又在众多的通海溪河上修建堰闸，外以阻咸，内以蓄水。技术成就最著名的有唐代鄞县的它山堰和宋代莆田的木兰陂。

这一阶段南方的陂湖塘堰技术更加发展，重要的陂湖工程如扬州五塘、宝应白水塘、丹阳练湖、余杭南湖、杭州西湖、鄞县东钱湖、昆明滇池等都有较大的改建整治工程，使防塘水利系统更趋完善，大大地提高了陂湖的效益。宋代陈旉《农书》对陂塘修筑和管理的技术经验进行了总结。宋代北方引浊放淤技术有大的突破，熙宁年间政府组织了空前规模的大放淤活动，开发利用许多多沙河流的水土资源，变洪害为洪福，改良了大片的盐碱荒瘠地。并且，取得了选择水情适时放淤；注意地形条件，做好淤田工程；有灌有排，预筹退水出路；正确处理放淤与防洪、放淤与航运等许多技术经验。以往兴修的古渠，如关中引泾、河内引沁、宁夏引黄渠道、襄阳长渠和木渠、汉中山河堰、川西都江堰等在改建扩建中不断改进技术，修建各种形式的拦河坝及其他渠首建筑，施工技术大有进步，渠道采用多种防洪防沙设施，还建设了具有综合功能的闸枢纽工程，渠系多有扩大，布置更趋合理，扩大了灌溉面积。唐宋时国家颁布了水利法规，各灌区也多制定有严格的灌溉管理制度，能够保证有效地发挥工程的作用，协调各方面矛盾，保证灌溉工程持续地发挥效益。灌溉机具方面，翻车已在各地普及，式样多种，唐代还创制了筒车和井式水车，宋元时类型更多。在动力方面，除人力外，还广泛利用畜力、水力和风力，大

大增强了提水灌排的能力。水位和水准测量技术也大有提高，分别在渠道、湖塘和低洼平原上设置不同用途的水则碑，以掌握引水量的多少，决定蓄泄事宜，了解地区受灾的程度。唐代出现了用于测量地势高程的“水平”仪，元代能进行大面积的水准测量，并以海平面作为测量基准，是世界上最早出现的“海拔”概念。

第四阶段，明清时期，是灌溉工程技术深入发展的时期。南方圩垸水利技术和圩区治理技术更加进步，在河网及圩堤的规格、开河筑圩的施工技术、河道圩堤养护管理等方面形成一套行之有效的技术经验，明确规定了分区分级的治理方法，总结出治理四周高、中间低的“仰盂圩”技术经验。海塘工程技术大有提高，尤其是明代在浙西创建“鱼鳞大石塘”，用整齐的大条石纵横交错骑缝叠砌，塘身坚固。清代又加强基础处理，在塘基布置密集的“梅花桩”和“马牙桩”，砌筑的石块间槽榫互相嵌合，合缝处用铁锭嵌扣，油灰灌缝，塘外又作护塘的坦水，建挑水坝和挑水盘头等。江南海塘在宝山、华亭、金山等潮流顶冲的险工地段改土塘为石塘，重视护塘护滩工程，建成系统海塘工程。这些都增强了海塘的防护能力。海涂围垦技术也有明显进步，修建规模巨大的挡潮闸，还创造了围海造田的水工技术，以及改良滨海盐碱地的综合技术。

南方山丘区修建塘堰灌溉工程技术更加普及，并与多种工程技术相结合，蓄、引水和提水灌溉，充分利用水资源，大量采用梯级堰坝和渠塘串联工程技术，出现了总结堰、坝、塘修筑技术的著述。尤其是云南高原湖泊的治理技术大有提高，还有了总结滇池水利治理经验的专著。北方平原大量掘泉凿井，开发利用地下水，明清时在华北平原逐步形成具有一定规模的井灌区，促进了凿井技术和井灌机具的发展。采用筒管井的方法增加新、旧井出水量，创制了鸳鸯双井辘轳，普及水井水车，又从国外引进玉衡车、恒升车及风车等机具。传统灌渠的各种工程技术更加成熟，河内引沁灌渠引水口还改建为隧洞式和涵洞式，这是水工史上的一个创造。内地的水工技术进一步向新疆、台湾等边疆地区传播推广，新疆形成了独特的坎儿井技术。由于地区社会经济发展的需要，区域农田水利规划和治水兴利技术水平有很大提高，海河流域、黄河流域和太湖流域等地区都提出较为系统有效的治理理论和方案，区域水利走上了整体综合治理的道路，对水土资源的开发利用更趋合理。

除以上各阶段的内容之外，传统灌溉工程技术在现今的继承和发展，本书专列一篇进行阐述。如传统灌渠工程技术方面，都江堰灌区系统总结了兴建无坝引水灌渠的传统技术和传统施工技术经验，水利部及有关单位对溢流过水土坝的传统技术进行研究和推广，在渠道防渗技术、淤灌和放淤技术方面也多有继承和发展。传统塘堰技术更加普及，并与其他水利技术相结合，成为治水改土的重要技术措施。传统陂渠串联工程技术进一步得到总结和提高。改良推广利用地下水的传统打井、提水技术，在北方还发展形成了以井灌为主，井渠相结合的灌溉抗旱方式。又对群众开发利用岩溶地下水的技术加以总结。圩田水利技术在继承传统技术的基础上，总结出圩区治理的“四分开，两控制”原则，即内外分开、高低分开、排灌分开、水旱分开，控制沟港水位、控制地下水位，以全面解决洪、涝、旱、渍各方面的问题，在这总原则下各圩区因地制宜灵活规划治理方案。传统海塘工程的结构形式大多得到继承，尤其对清代留存下来的“鱼鳞大石塘”进行局部修整，使大塘更加

稳固安全，又从材料等方面加以改进，建筑“新鱼鳞石塘”，并根据不同的海岸地质和动力条件，因地制宜采取各种不同的海塘工程结构。

技术与社会是本书要阐述的重要内容之一。灌溉工程技术作为社会生产力的组成部分能促进农业生产和社会的进步；另一方面，社会历史条件又对技术进步的快慢起着积极和消极的作用。尤其是灌溉工程有强大的社会需求，投入的财力、物力、劳力很大，所以兴修工程必须要有政治经济方面的条件，及征派工匠和民工的权力，建成以后还有组织运行和维护的问题，因此中国代表国家的历代王朝政府往往在水利建设上负有更多的社会职能。国家重视、财力强盛，就能兴修大量的灌溉工程和大型水利工程，随之技术就能得到快速发展。如春秋战国时期，由于铁工具的使用，使社会生产力空前提高，社会制度发生大变革，地主封建制代替了奴隶制。新兴的封建诸侯国为了增强实力，鼓励“垦草莱”，发展农业生产。小范围以排为主的井田沟洫制被瓦解，国家组织力量兴修大型灌溉工程，如楚国兴修了芍陂，魏国兴修了引漳十二渠，秦国兴修了都江堰和郑国渠，灌渠和陂塘工程技术迅速发展，技术的发展又推动了生产的发展和社会的进步。西汉时，政府提倡农桑耕织，鼓励开垦土地和增殖人口，采取崇本抑末、轻徭薄赋的方针，至汉武帝时国力强盛，为了进一步发展社会经济，他颁布了兴修灌溉水利的诏令，由于有强大财力的支持，在关中、西北、汝南、淮南等地兴修了许多灌溉工程，工程技术又一次大为提高。

又如唐朝进入封建社会的盛期，前期社会统一、安定、富裕，南北各地多有灌溉工程的兴修，技术水平继续提高。国家还颁布了“水部式”，用法律的形式协调水利开发利用过程中的种种矛盾，以求水利资源的合理经济利用。还改进和创造多种灌排机具，推广提水灌溉。中唐后，藩镇割据于黄、淮、海流域，唐王朝的财政供给依赖于南方，“天下以江淮为国命”。又由于北人南徙，南方人口增加，水利开发的速度加快，平原洼地的水网圩田、丘陵地区的陂塘工程、滨海地带的海塘和挡潮蓄淡工程技术水平大为提高。尤其在太湖平原广兴屯田，有组织地在大范围内开畎浍筑堤路，之后，经五代钱氏政权的进一步努力，形成了系统的塘浦圩田系统，大大改善了农业生产的环境条件。宋代熙宁期间为了改变“积贫积弱”的局面，以求“富国强兵”，兴起变法改革运动，颁布“农田利害条约”，下达有利于兴修水利的政策，鼓励献计献策兴修农田水利，奖励兴修水利有功人员，形成农田水利建设热潮，工程技术又有进步，突出的如大规模放淤的技术、太湖治水治田的见解等皆上升到一个新的台阶。南宋初北人再一次大规模南徙，“大抵南渡后，水田之利，富于中原，故水利大兴”。适于南方的水网圩田、塘坝水利、挡潮蓄淡工程技术更加进步，灌溉工程技术发展至传统水利的成熟阶段。

古代水利技术思想也是本书论述的重要内容之一。传统工程技术思想反映了古代水利人物与水利家在兴修工程时的主导思想、设计思想，及人们对技术发展的内部规律的认识和应用。这一研究成果能对今人起到更多的启迪作用，利于吸取传统工程技术思想的精华，调整规划和设计思路，以取得突破性的成果。本书灌溉工程技术思想主要从三方面进行论述。一是各类灌溉工程的规划、设计技术思想。如规划设计渠道工程和渠道工程的技术思想，渠系系统工程思想，陂塘规划设计技术思

想，修筑海塘工程的技术思想，区域综合水利规划思想等。二是水利人物的水利思想。在介绍水利人物取得的水利成就时，也突出他们的水利思想。三是水利著作中体现的水利思想。水利著作中往往反映了人们对水利资源、水流现象的认识和应用理论，反映了对各种水利技术和各地水利治理内部规律的认识与理论。

中国历代有兴修水利的优良传统，在历史发展中产生了各种门类的水利工程技术，主要的有治河防洪工程、水道航运工程、城市水利工程、灌溉排水工程等技术。本书《灌溉工程技术史》属于“水利工程技术史”的一个组成部分。因兴修的灌溉工程有些是起综合作用的，这样在写作中多少与其他门类水利工程技术史有关联或重复，但各书所写侧重点不同，这是需要说明的。

CONTENTS

目录

第一编　水利工程技术的萌芽和初步发展
（新石器时代至夏商西周） 1
第一章　治水技术 3
第一节　原始农业的发展和治水技术 3
第二节　大禹治水及其技术方法 7
参考文献 13
第二章　农田排灌工程技术 14
第一节　原始水田农业的灌排技术 14
第二节　沟洫工程技术 19
第三节　《诗经》中反映的农田灌溉及技术 29
参考文献 30
第三章　凿井技术 32
第一节　水井的起源和发展 32
第二节　凿井技术 35
参考文献 40

第二编　大型灌渠及陂塘技术的发展
（春秋战国至南北朝） 43
第一章　引水渠系 45
第一节　灌溉渠系工程的发展情况 45
第二节　大型引水渠道工程的技术成就 63
第三节　灌溉渠道工程技术 81
参考文献 102
第二章　蓄水陂塘 107
第一节　陂塘灌溉工程的发展情况 107
第二节　大型蓄水陂塘工程的技术成就 119
第三节　陂塘工程技术 128
参考文献 142

第三章　凿井和灌溉机具　145
第一节　井灌的发展和凿井技术的进步　145
第二节　灌溉机具　154
参考文献　159
第四章　水利人物、水利理论和水利文献　161
第一节　水利人物　161
第二节　水利理论认识　167
第三节　水利文献　175
参考文献　181

第三编　水网圩田和挡潮工程技术的发展
（隋唐宋元）　185
第一章　水网圩田　187
第一节　低洼平原水网圩田的发展　187
第二节　筑圩和圩区水利技术成就　200
第三节　太湖平原的治水经验和治水理论　207
第四节　两宋对东南围湖利弊的认识　215
参考文献　221
第二章　挡潮蓄淡　225
第一节　海塘的修筑和塘工技术的演进　225
第二节　拒咸蓄淡堰闸工程技术成就　236
参考文献　249
第三章　陂湖塘堰　252
第一节　南方陂湖塘堰的发展　252
第二节　重要的陂湖工程技术　261
第三节　陂塘工程和修筑管理技术的进步　276
参考文献　281
第四章　引浊放淤　285
第一节　引浊放淤的发展历史　285
第二节　熙宁大放淤的改土效益和技术经验　290
参考文献　294
第五章　引水渠系　296
第一节　引水灌渠的修建和扩建　296
第二节　重要的灌渠工程技术成就　306
第三节　灌渠工程技术的进步　319

参考文献 326
第六章 灌溉管理、灌排机具和水准测量 330
第一节 灌溉管理的进步 330
第二节 灌排机具的发展 342
第三节 水位和水准测量技术的提高 350
参考文献 358
第七章 水利人物和水利文献 361
第一节 水利人物 361
第二节 水利文献 372
参考文献 380

第四编 灌溉工程技术的深入发展（明、清） 383
第一章 圩垸水利 385
第一节 南方圩垸水利的发展和工程特点 385
第二节 筑圩技术和圩区治理技术的进步 397
参考文献 420
第二章 挡潮蓄淡 425
第一节 海塘工程技术的进步 425
第二节 挡潮闸工程和海涂围垦水利技术的进步 445
参考文献 459
第三章 陂湖堰坝 462
第一节 陂湖堰坝工程的发展和技术进步 462
第二节 云南高原湖泊的水利治理技术 467
参考文献 480
第四章 井灌和引水灌渠 483
第一节 华北井灌区的形成和凿井技术 483
第二节 引水灌渠技术的发展 491
参考文献 525
第五章 区域农田水利的规划思想和治水兴利 530
第一节 海河流域农田水利的规划思想和治水兴利 530
第二节 黄河流域的治水兴利规划思想 539
第三节 太湖流域水利的规划思想和治水 543
参考文献 550

第六章　水利人物和水利著作　553
第一节　水利人物　553
第二节　水利著作　564
参考文献　575

第五编　传统灌溉工程技术的继承和发展　577
第一章　传统灌渠工程技术的继承和发展　579
第一节　传统渠首工程技术　579
第二节　传统淤灌和放淤技术经验　593
参考文献　597
第二章　传统塘堰和开发地下水工程技术的继承和发展　598
第一节　传统塘堰涝池蓄水工程技术的继承和发展　598
第二节　传统陂渠串联工程技术的继承和发展　604
第三节　传统开发利用地下水技术方法的继承和发展　608
参考文献　614
第三章　传统圩垸水利和海塘工程技术的继承和发展　615
第一节　太湖地区圩田水利技术　615
第二节　安徽沿江圩区水利技术　618
第三节　湖北四湖流域整治和圩区治理　620
第四节　传统海塘工程技术　622
参考文献　624

后　记　625
组织者的话　626

CONTENTS

Part Ⅰ Beginning and Rudimentary Development of Irrigation Technique (Neolithic Era to Xia, Shang, Xizhou)

Chapter One Water-Controlling Technique

Section Ⅰ Development of Primitive Agriculture and Water-Controlling Technique

Section Ⅱ Yu The Great Subdues The Flood and His Technique

References

Chapter Two Farmland Works Technique of Draining and Irrigating

Section Ⅰ Draining-Irrigating Technique of Primitive Paddy-Field Agriculture

Section Ⅱ Technique of Irrigation Canals

Section Ⅲ Farmland Irrigation and Its Technique in *The Book of Songs*

References

Chapter Three Well-Digging Technique

Section Ⅰ Origin and Development of Wells

Section Ⅱ Well-Digging Technique

References

Part Ⅱ Technological Development of Large-Scale Irrigation Canals and Ponds (Spring and Autumn, Warring States to South and North Dynasties)

Chapter One Irrigation Canal Systems

Section Ⅰ Development of Irrigation Canal Works

Section Ⅱ Technological Achievements of Large-Scale Irrigation Canal Works

Section Ⅲ Technique of Irrigation Canal Works

References

Chapter Two Water-Holding Ponds

Section Ⅰ Development of Pond Irrigation Works

Section Ⅱ Technological Achievements of Large-Scale Water-Holding Ponds
Section Ⅲ Pond Technique
References

Chapter Three Well-Digging and Irrigation Tools
Section Ⅰ Development of Well-Water Irrigation and Improvement of Well-Digging Technique
Section Ⅱ Irrigation Tools
References

Chapter four Water-Harnessing Persons, Theories and Documents
Section Ⅰ Water-Harnessing Persons
Section Ⅱ Irrigation Theories
Section Ⅲ Irrigation Documents
References

Part Ⅲ Technological Development of Dyke-surrounded Water-Net Fields and Tide-Blocking Works (Sui, Tang, Song and Yuan Dynasties)

Chapter One Dyke-Surrounded Water-Net Fields
Section Ⅰ Development of Dyke-Surrounded Water-Net Fields in Low Plains
Section Ⅱ Technological Achievements of Dyke-Building and Irrigation
Section Ⅲ Water-Controlling Experiences and Theories From Tai Lake Plain
Section Ⅳ North and South Song Dynasties (两宋): Knowledge on Pros and Cons about Dyke-Surrounded Fields in Lake Areas of South-East China
References

Chapter Two Tide-Blocking and Fresh-Water Holding
Section Ⅰ Construction of Sea-Dams and Improvement of Dam Construction Technique
Section Ⅱ Technological Achievements of Sea-Water Blocking And Fresh-Water Holding with Dams
References

Chapter Three Dams of Ponds and Lakes

Section Ⅰ Development of Dams of Ponds and Lakes in South China

Section Ⅱ Important Techniques of Some Ponds and Lakes

Section Ⅲ Technological Development of Pond Construction and Management

References

Chapter Four Diversion of Muddy-Water and Opening of Silt

Section Ⅰ Developmental History of Diversion of Muddy Water and Opening of Silt

Section Ⅱ Soil-Improvement Effect and Technological Experiences of Large-Scale Silt-Opening During Xi Ning Period

References

Chapter Five Water-Diversion Canal Systems

Section Ⅰ Construction and Expansion of Water-Diversion Canals

Section Ⅱ Important Technological Achievements of some Canals

Section Ⅲ Technological Improvement of Canals

References

Chapter Six Canal Management, Tools of Irrigation and Drairage, Measurement of Water level

Section Ⅰ Improvement of Irrigation Management

Section Ⅱ Development of Irrigating and Draining Tools

Section Ⅲ Technological Improvement of Water Level and Standard Measurement

References

Chapter Seven Water-Harnessing Persons and Documents

Section Ⅰ Water-Harnessing Persons

Section Ⅱ Water-Harnessing Documents

References

Part Ⅳ Technologically Intensive Development of Irrigation Works (Ming and Qing Dynasties)

Chapter One Water-Harnessing in Dyke-Surrounded Field Areas

Section Ⅰ Water-Harnessing Development of Dyke-Surrounded Field Areas and Its Characteristics

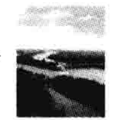
Section Ⅱ Technological Improvement of Construction and Harnessing of

Dyke-Surrounded Fields
References
Chapter Two Tide-Blocking and Fresh-Water Holding
Section Ⅰ Technological Improvement of Sea-Dams
Section Ⅱ Technological Improvemert of Tide-Blocking Dams and Beach-Harnessing Cultivation
References
Chapter Three Pond and Lake Dams
Section Ⅰ Technological Development and Improvement of Pond and Lake Dams
Section Ⅱ Lake-Water Harnessing Technique of Yunnan Plateau
References
Chapter Four Well-Irrigation and Canal-Diversion Irrigation
Section Ⅰ Forming and Well-Digging Technique of Well-Irrigation Areas in North China
Section Ⅱ Technological Improvement of Canal-Diversion Irrigation
References
Chapter Five Planning Thoughts of Regional Agri-Irrigation and Water – Harnessing
Section Ⅰ Planning Thoughts of Agri-Irrigation in Hai River Valley and Water-Harnessing
Section Ⅱ Planning Thoughts of Water-Harnessing in Yellow River Valley
Setion Ⅲ Planning Thoughts of Irrigation in Tai Lake Valley and Water-Harnessing
References
Chapter Six Water-Harnessing Persons and Documents
Section Ⅰ Water-Harnessing Persons
Section Ⅱ Water-Harnessing Documents
References

Part V Inheritance and Development of Traditional Irrigation Technique
Chapter One Inheritance and Development of Traditional Ca-

nal Technique
Section Ⅰ Traditional Canal Technique
Section Ⅱ Technological Experiences of Traditional Silt-Irrigation and Silt-Opening
References
Chapter Two Technological Inheritance and Development of Traditional Ponds and Underground-Water Exploitation
Section Ⅰ Technological Inheritance and Development of Traditional Pond-Water Holding
Section Ⅱ Technological Inheritance and Development of Traditional Pond and Canal Contacting
Section Ⅲ Technological Inheritance and Development of Traditional Underground-Water Exploitation
References
Chapter Three Technological Inheritance and Development of Traditional Dyke-Surrounded Field Irrigation and Sea-Dams
Section Ⅰ Irrigation Technique of Dyke-Surrounded Fields in Tai Lake Area
Section Ⅱ Irrigation Technique of Dyke-Surrounded Fields Along the Yangtse Rivers in Anhui
Section Ⅲ Renovation of Si Lake Valley and Harnessing of Dyke-Surrounded Field Areas in hubei
Section Ⅳ Traditional Technique of Sea-Dams
References

Postscript
Organizer's Word



第一编
水利工程技术的萌芽和初步发展（新石器时代至夏商西周）

我国的原始农业起源于距今一万年之前①，此时社会从旧石器时代进入新石器时代，人类获取食物及其他生活资料的方式从渔猎、采集活动向农业种植和畜养经济过渡，古史传说中的“包牺氏没，神农氏作”[1]，即反映了这一巨大的变革。农业发生之初，人们往往把耕地选择在山丘或较高的台地上，即史称的“择丘陵而处之”[2]。耕作简陋粗放，人们改造自然的能力有限，主要选择和依赖适于人类的自然环境生活。随着农业的逐步发展，人口的增多，原始氏族从丘陵山地迁移到肥沃的江河湖区平原开阔地生活，变流动为定居。由于平原地势低平，易遭洪涝水的威胁，为了保护庄稼和住地，人们就有了治水的要求。治水的技术方法大体先有“障”，采用修筑简单的土埂，来防御河川泛滥之水，之后又有“疏”，顺应水势，因势利导，疏河排洪，使水害得到一定程度的治理，促进了耕地的拓展和农业的发展。

农业生产不仅要通过工程设施来改善地区水利条件，还要求通过工程设施来调节和改变农田水分状况。我国的原始农业因各地自然条件的不同，在开始之时已呈现北方以旱作物为主的旱地农业，南方以种植水稻为主的水田农业这样的布局。水田农业离不开水，因此农田灌排技术首先肇始于水田地区。到夏、商、西周时，由于灌排技术的进步，遂产生了农田灌排工程“沟洫”，在水源条件好的地方，开始引水灌溉旱作物。以灌溉、排水技术为主要方面的农业水利技术在这一时期已初步产生和发展，这就为以后水利工程技术的进步奠定了基础。

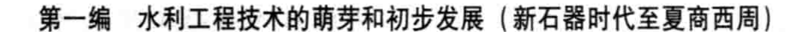
早在新石器时期的中期及晚期，人们已建造村落定居下来，在远离河湖的地方，为了解决生活和生产用水，开始凿井汲取地下水。之后，随着水井的不断开凿，凿井技术有了长足的进步，为发展井灌事业创造了条件，于是农田灌溉利用的水资源也从仅引用地表水扩大到汲取地下水。

新石器至西周时期是灌排水利工程技术萌芽和初步发展的阶段，其主要特点有以下几方面：一是农田灌排工程技术的产生出现在原始农业向平原地区拓展的新石器时代中期。二是原始治水技术从初始的“障”，发展到疏及疏防相结合。三是灌溉工程技术首先产生于南方水田作业之中，从原始的蓄、引、排技术发展到水田沟

---

① 20世纪70年代，我国一些新石器时代遗址，如河北武安磁山、河南新郑裴李岗、浙江余姚河姆渡等遗址的发掘，证明中国距今七八千年已有相当发达的原始农业。90年代后，河北徐水南庄头（距今10 500~9 700年）、江西万年仙人洞和吊桶环上层遗址（距今14 000~9 000年）、湖南道县玉蟾岩遗址（距今10 000~8 000年）的发掘，分别发现类似人工栽培的禾本科花粉、水稻植硅石及谷壳实物等，足以将农业起源推到距今一万年之前，这基本成为学术界的共识。





洫工程技术；北方发展低地农业早期主要从事排水除涝，逐步产生旱地排水沟洫工程技术，而灌溉技术发展较迟，从雨养农业，向器灌、泉灌、井灌等小规模灌溉农业发展。四是这些灌排工程技术虽然还处于初始的简易状态，但已呈现类型多，因地制宜和不断发展的趋势，体现了我国古代人民的智慧，这就为今后大型灌溉工程及技术的出现打下了基础。



第一章
治水技术

远古时期，威胁我国农业生产发展的最大祸害是水患。我国农业是多中心起源的，故从北方到南方皆有许多关于治水的神话传说，特别在原始农业最发达的黄河流域和长江流域流传的治水故事尤多。这些传说在一定程度上反映了人们向水害作斗争的史实。人们通过治水工作逐步认识了水性，初步掌握了治水的技术，从而使农业生产的环境条件得到一定的改善，促进了原始农业和当时社会的进步。

第一节 原始农业的发展和治水技术

一、原始农业的发展和治水

中国治水活动及水利技术的出现，是与原始农业的产生和发展紧密联系的。旧石器时代，人类攫取自然界天然产物作食物，过着游荡的采集和渔猎生活，主要生活在山林地带，对于洪涝灾害，采取躲避的方法。在长期的采集生活中，人们逐渐积累了有关植物的丰富知识，学会了人工栽培作物的方法，于是原始农业应运而生。中国古史传说中的“神农乃始教民播种五谷”[3]，正反映了原始农业发生的这一时期。农业的出现是人类社会历史上最伟大的变革，具有划时代的意义。农业为人类提供较为稳定的食物来源，人们从迁徙流动过渡到定居；随着耕地的扩展，人们逐渐从山林移居平原，在一些地区形成较为密集的原始聚落和农耕区；还促进了社会进步和科学技术的产生，治水活动及治水技术也随农业的发展而出现。下面从原始农业发展的阶段来看治水技术是何时、为何产生的。

原始农业依土地利用的方式划分，大致可分为三个发展阶段：火耕农业、锄耕农业、发达的锄耕农业[4]。

火耕农业（亦称刀耕农业）大约距今 11 000 ~ 8 000 年，耕作方式采用刀耕火种，即在选择计划种植的林地上，先用石斧砍倒树木灌丛，俟其干燥后，放火焚烧，然后在雨天来临前于火烧地上点播或撒播种子，出苗与否取决于天气是否下雨。这种耕作方法不翻耕，不施肥，只依靠灰烬提供肥力，种植一年后肥力下降，野草丛生，就得抛荒，另辟林地为耕地。火耕农业阶段人们靠天吃饭，农作物天生天养，靠雨水浇灌。“昔者神农之治天下也……甘雨时降，五谷蕃殖。”[5]当居落附近的森林砍伐完后，人们只能迁居它方。所以刀耕火种阶段定居是暂时的，而迁徙是经常发生的。此时期人们居住在背山临水的山冈、丘陵地带，山丘的地理环境有利于刀耕火种农业及采集捕猎天然的动植物，临水便利于生活，尚无稳定的家园，受到洪水威胁则采取躲避的方法。

大约到了距今 8 000 年之后，我国的原始农业步入“锄耕农业”（亦称耜耕农业）阶段。锄耕农业比火耕农业有显著进步，人们发明了木、石、骨制作的耒耜、锄、铲等翻土工具，对土地进行加工耕翻。由于翻转土壤后，土壤的理化性状、结



构得到改善，不再耕作一年就撂荒，而是连续种植若干年后再抛荒。火耕因年年要换地种植，其耕作制属于生荒耕作制，而锄耕则属于熟荒耕作制，通过休闲恢复土壤肥力即可再利用。锄耕阶段人们摆脱了游荡状态，能过较长时期的农业定居生活，这更有利于农业和社会的发展。锄耕农业使土地利用率提高，粮食产量增加，种植业的收成变得稳定可靠，采集、渔猎经济退居次要地位，农业渐成为社会经济的基本部门，在一些自然条件好的地方形成较为密集的原始聚落和农耕区，并不断向平原扩展，于是在长江中下游平原开始出现原始水田的灌排技术。

在距今 5 000 ~4 000 年时，进入发达的锄耕农业（或称犁耕农业）阶段，生产工具进一步发展，出现了石犁、双肩石斧、有段石锛、半月形石刀、穿孔石刀和耘田器等，加快了向平原开发的步伐，土地利用撂荒的年限缩短，史前聚落更加发展，以往躲避洪水的方法已经不再适用，农业的发展提出了治水的要求。

新中国成立以来，考古界发现大量新石器时代的农业遗址，尤以黄河流域和长江流域最为密集。黄河流域发现的最早新石器时代遗址，为距今 10 500 ~9 700 年的河北徐水南庄头遗址[6]，出土有石磨、石磨棒，地层的花粉分析发现有较多的禾本科植物，农业业已产生，应属新石器早期火耕农业。之后距今七八千年的河北武安磁山遗址和河南新郑裴李岗遗址，已进入定居的锄耕农业阶段[7]。这些遗址地理环境背山临河，有长久性住宅，具村落规模。磁山遗址有大量粮食堆积，经鉴定为粟。磁山文化类型的遗址分布于太行山东麓。裴李岗类型除新郑外，在河南中牟、密县、登封、禹县、鄢陵、长葛、郏县等地都有发现[8]，这些遗址分布在豫西山麓地带，大多处在河流沿岸的高地上。位于淮河上游地区的裴李岗文化河南舞阳贾湖遗址，距今 8 000 年左右，还出土不少炭化稻米，经鉴定主要为栽培稻[9]。到距今 7 000 ~5 000 年的仰韶文化时期，锄耕农业进一步发展，文化堆积层普遍较厚，出现面积达几万、十几万平方米的大型村落，已过着比较长期的定居生活。如陕西西安半坡遗址村落规模相当大，布局完整[10]。这些农业聚落大多位于河流两岸的台阶地上，并有从山麓地带向前缘发展的趋势。到距今四五千年的龙山文化时期，锄耕农业更加发达，村落和农耕区从山前向冲积平原中部延伸。如河南龙山文化从西向东发展，山东龙山文化从东向西发展，在豫东和鲁西平原留下许多高出地面的“堌堆”遗址。

长江流域中游地区发现的最早农业遗址是距今一万多年前的江西万年仙人洞和吊桶环上层遗存，及湖南道县玉蟾岩遗址[11]，分别发现了少量类似人工栽培稻的植硅石和水稻谷壳实物，这应属于火耕农业的范畴，居住在较高的洞穴或岩棚处。之后，有湖南澧县彭头山遗址[12]，距今 8 000 年以上。彭头山位于武陵山余脉至洞庭湖盆地之间澧阳平原的低岗台地上，聚落遗址面积达上万平方米，在出土的陶片中夹杂着大量稻壳和稻谷，它们应当是早期形态的栽培稻[13]。和彭头山年代相同的遗址还有西陵峡外的城背溪遗址，环境也是背靠山丘，面临江河。长江中游在距今 7 000 年以后发展为大溪文化，此时期稻作农业向东发展到江汉平原的西南部和洞庭湖北部。到距今 5 000 ~4 000 年之时，发展为屈家岭文化和石家河文化，此时出现了大型聚落。如天门石家河遗址，在近 8 平方公里的范围内有约 40 个遗址互相连接密集分布[14]，已开辟低地为农田。



长江下游新石器时代遗址最早的有浙江余姚河姆渡遗址，距今 7 000 年左右[15]。其环境背靠丘陵，面对沼泽，遗址中出土了大量翻土用的骨耜及丰富的栽培稻谷遗存。遗址面积达四万平方米。房屋为干栏式建筑，使用榫卯结构，并进行绑扎，很是牢固，可利用数十年之久。河姆渡文化之后有马家浜和良渚文化。马家浜文化遗址和良渚文化遗址广泛分布于太湖平原，数量众多，已发现达 180 多处。当时平原多湖泊沼泽，人们居住于高岗和丘坡上，在低处沼泽地种稻。

从考古发掘的情况看，新石器时代遗址多在河流和湖沼附近的台地和岗坡地上。人们濒水居住，就近开垦耕地，于生产和生活都比较方便，但也常遭洪水泛滥的危害。特别是在距今五六千年之后，锄耕农业迅速发展，农耕区域扩大，逐渐走向平原拓垦。平原土地肥沃，适于种植作物，但因地势较低，更易遭受水害。由于农田趋向连续种植，人们建造村落长期定居，随着人口的增长，村落逐渐密集，因此，以往躲避洪水的方法不再适用。为了保护村落和耕地，人们采取积极的态度，利用耜、铲等掘土工具，兴修防御洪涝水的工程，创造了原始形态的堤坝工程，将村落和耕地保护起来，于是原始的治水技术随之产生。

二、治水技术的肇始

新石器中期以后，农业由丘陵、台地向平川发展，治水成为突出的问题，开始大致采用“堙”、“障”的方法进行治水。

传说我国古代最早进行治水活动的，是共工氏族，据称共工氏是神农氏后裔的一支。神农氏出于关中姜水附近，而共工氏已东移到今河南辉县一带居住，仍继承神农事业从事农业生产。其居地北靠太行山，南临黄河，土地肥沃，水源丰富，是适于农耕的好地方。但那时黄河从峡谷穿行出孟津后流向东北，进入开阔地带，洪水季节，河水泛溢于平原之上，危害农业生产。《管子·揆度》载：“共工之王，水处什之七，陆处什之三。”说明当时共地洪涝弥漫，水患危害很大。当时共工氏在水患面前采取了积极治理的措施，据《国语·周语下》记载，共工氏采用了“壅防百川，堕高堙庳”的治水方法，“壅防百川”是沿河川修筑简单的堤埂，以抵挡泛滥之水；“堕高堙庳”是将高处的泥土填到较低的地方，使低地不再受淹，采用这种方法可将住地不断加高，避免洪水的危害，这种方法已含有治水改土的意思。共工治水取得了较好的效果，由此以擅长治水而出名。史称“共工氏以水纪，故为水师而水名”[16]。他成为治水的世家，“共工”甚至成了水官的职称。其儿子句龙也因治水得到“后土”的尊号。《国语·鲁语上》称：“共工氏之伯九有也，其子曰后土，能平九土，故祀以为社。”九土就是九州之土。后土采用治水改土的技术，取得了成效，促进了农业生产的发展，被奉为土地神。《国语·周语下》记载共工的从孙四岳还辅助大禹治水，立下大功。但同书又载：“灵王二十二年，谷、洛斗，将毁王宫。王欲壅之，太子晋谏曰：不可。晋闻古之长民者，不堕山，不崇薮，不防川，不渎泽。……昔共工弃此道也，虞于湛乐，淫失其身，欲壅防百川，堕高堙庳，以害天下。皇天弗福，庶民弗助，祸乱并兴，共工用灭。”这是后世对共工仅用壅防堙庳方法的否定，他们将共工的治水方法与鲧的治水方法归为一类，即“障”的治水技术，鲧治水失败了，所以共工治水的方法也不行。实际上“障”的治水技术对于一般的涨水还是有效的。这就是古代文献中对共工治水出现



褒贬不一的缘故。

“壅防百川，堕高堙庳”的技术，我们可与豫东、鲁西平原的“堌堆”修筑技术联系起来看。“堌堆”遗址，是由人工多次筑成的土阜，亦称居丘。《正韵》释“丘”为“阜也，高也，四方高中央下曰丘”。堌堆遗址年代早的一般为龙山文化遗存。在豫东、鲁西众多的龙山文化遗址中，“居丘”占有较大的比例。距今46 00 ~4 000年的龙山文化时期，随着社会经济的发展，人口的激增，以及鲁西平原低湿环境的进一步改善，山东龙山文化的族群由东而西，河南龙山文化的族群由西向东，双向竞相开发这一广阔的平原。当时人们开发平原低地时，为了防御洪水之患，选择沿河高地，并不断地堆筑加高，成为聚居之处。堌堆遗址往往呈带状分布，是先民们防御洪水的成功佳作。[17]这说明用土“堙”、“填”修筑堤埂，加高地面是最早采用的水利技术。居丘发展而为台城，所以一些学者认为“建城是建堤之始”，也即是最早的水利技术，通过修筑堤埂，以保护居住地不被洪水漫淹。

稍后于共工的重要治水人物是鲧。据说鲧的居地在崇，古代嵩山称作崇山，故鲧又称做崇伯[18]。传说在尧之时，洪水横流，泛滥于天下。为防治洪水，尧召开部落联盟会议。尧谓：“嗟，四岳，汤汤洪水滔天，浩浩怀山襄陵，下民其忧，有能使治者？皆曰鲧可。”[19]于是尧任命鲧治水。鲧治水仍采用共工修筑堤埂的方法。《尚书·洪范》载：“鲧堙洪水。”《国语·鲁语》称：“鲧障洪水。”《吕氏春秋·君守》谓：“夏鲧作城。”可见是用“堙”、“障”、“城”之类的治水方法，在技术上都是筑土作堤，推高地面的意思，即用堤埂把居住处和附近的农田围护起来。当时因平原上居民点和农业区不断增加，又因发生的是持续的特大洪水，仍用修筑局部低矮堤埂的办法，已防御不了洪流。《尚书·尧典》称：鲧治水“九载，绩用弗成”。说明洪水肆虐，非寻常之灾，在技术上不改进，就不能取得成功。鲧因治水失败受到制裁，《尚书·洪范》称“鲧则殛死”。之后，治水任务则由其儿子禹来承担。

从上述可知，中国治水技术的出现是在原始农业发展过程中产生的，农业种植业已进入发达的锄耕农业阶段，时间约距今四五千年前。人类逐渐迁到利于农业生产的平原上生产和生活，但又时常遭到水患的威胁，为了保护住所和农田不被淹害，人们在长期的生产实践中，初步认识到“水来土挡”的作用，以及避低就高可免淹的效果，于是出现了“障”或“堙”的治水技术，这是古人发挥能动作用初步改造自然的尝试。

把文献记载和考古资料综合考察，可看出古人利用“障”和“堙”的技术还是很简单的。他们采用石、木、蚌、骨等材料制作的生产工具，筑堤埂和土阜的效率和质量较低，修筑工程的范围也有限，仅在居住区及附近。因此很可能修筑的堤埂和土阜多次被冲垮，于是逐渐加高，这样，常水年份的涨水可以防御，但特大洪水则无法抗御。在这种情况下，就必须寻求新的治水技术，我国古代人民就这样不断改进技术，不屈不挠地与自然灾害作斗争，以维护和发展农业生产，捍御生存环境的安全。

虽说水利技术起始期出现“障”、“堙”的治水技术很不起眼，但这一技术确是以后各种堤、坝、堰、塘、陂、圩等工程技术的滥觞。技术是从低级向高级发展



的，跟随社会的进步而发展。“障”的治水技术是与当时原始社会的生产力状况相适应的，应该看作先民们的一项了不起的创造。

第二节　大禹治水及其技术方法

一、大禹治水的传说

传说尧、舜、禹时期，天下出现了多年的大洪水。《尚书·尧典》称：“汤汤洪水方割，荡荡怀山襄陵，浩浩滔天，下民其咨。”《孟子·滕文公上》说：“当尧之时，天下犹未平，洪水横流，泛滥于天下，草木畅茂，禽兽繁殖，五谷不登。”据今人研究，由于全新世以来气候转暖，海面断续上升，在距今五六千年时沿海发生全新世海浸，海面高出今海面[20]。这发生在进入奴隶制文明的前夕，因此古文献中保存了大量有关洪水的传说。西欧也有关于这时期洪水的神话，说明这一时期遇到了非同寻常的洪水。为了生存和发展农业生产，部落首领尧任命鲧治水，但没有成功。舜继尧位后，又任命禹主持“平水土”之事[21]，由伯益、后稷、皋陶、契、四岳等协助治水。关于大禹治水的传说，古籍所载甚多，事迹很是动人。《史记·夏本纪》载“禹伤先人父鲧功之不成受诛，乃劳身焦思，居外十三年，过家门不敢入。薄衣食，致孝于鬼神。卑宫室，致费于沟洫。陆行乘车，水行乘船，泥行乘橇，山行乘檋。左准绳，右规矩，载四时，以开九州，通九道，陂九泽，度九山”。说明禹为治水，努力改进方法，劳苦操心，长年顾不上家庭，走遍全国的山山水水。《尚书·益稷》载：禹在治水的过程中，娶涂山（在今安徽怀远县）氏女为妻，生子启，“启呱呱而泣”，禹不去照料他，而一心一意地去治水。《韩非子·五蠹》说：“禹之王天下也，身执耒臿，以为民先，股无胈，胫不生毛，虽臣虏之劳，不苦于此矣。”禹带领众人治水，亲自拿着掘土工具劳动，为民众做出榜样，连腿上的汗毛都被磨光了。从这可见大禹治水艰苦奋斗的情景。数千年来，大禹作为治水的杰出英雄，世世代代受到人民的敬仰和传颂，其不屈不挠的精神鼓励着人们向自然灾害作斗争。见图1－1－2－1。



图1－1－2－1　大禹执耒治水图

大禹治水的活动区域，据古籍记载，地域是相当广袤的。《史记·殷本纪》称：“古禹、皋陶久劳于外，其有功乎民，民乃有安。东为江，北为济，西为河，南为淮，四渎已修，万民乃有居。”专讲禹平治水土之功的《禹贡》记载，禹曾经治理了冀、兖、青、徐、扬、荆、豫、梁、雍九州①之水。大禹治水发生在原始社会的末期，这一传说反映了华夏族和其他民族向低地发展农业时遇到的主要灾患是水害，

① 《禹贡》所指的“九州”，不是夏代的行政区划，而是该书作者对所知道的整个“天下”所作的地理区划。



从而出现了有史以来规模最大的一次治水活动。这一传说寄托了人们征服自然的愿望和设想。从考古发掘来看，中国农业的起源是多元的，原始农业尤以黄河流域和长江流域最为发达，因此，大禹治水的基本区域应在黄河和长江的中下游平原一带。这些地区在未平治水土以前积水内涝严重。《淮南子·地形训》说，大禹治水前，天下“凡鸿水渊薮，自三仞①以上，二亿三万三千五百五十九渊”。反映了当时平原地区陂湖多，积水多的状况，这在其他文献中也多有反映。

黄河中游的关中渭北平原，史前是由内陆湖经泥沙沉积逐渐演变为沮洳沼泽地的。《尔雅·释地》记载该地有焦获泽，是华夏十大泽薮之一。此泽大致由泾阳县西北泾河流经的中山以东向东延展，而石川河就是焦获泽的东部[22]。湖泽的范围相当广大。又《诗经·周颂·潜》载：“猗与漆沮，潜有多鱼。有鳣有鲔，鲦鲿鰋鲤。以享以祀，以介景福。”《小雅·吉日》称：“漆沮之从，天子之所。”沮水即沣河，称为沮水是说水旁多沮洳地。说明渭北平原沼泽纵横，鱼类众多，草木丛生，麋鹿成群，直至诗经时期仍是天子狩猎的场所。当时汾水下游平原，是尧、舜、禹时期的帝都所在地②，该地有汾水、涑水、浍水等，河川流贯其间，呈现低平沮洳，水草丛生的景观，可以《诗经·魏风·汾沮洳》诗一首为证。

黄河下游平原史前就是黄河泛滥的地区，在河北东部，今京广线以东，徒骇河以北几百公里的范围内，至今没有发现新石器时代遗址，这就是黄河尾闾“九河”之地。平原其他地方湖沼也众多。根据先秦文献《左传》、《禹贡》、《周礼·职方氏》、《尔雅·释地》、《山海经》等记载统计，约有大小湖沼 40 个[23]。如今河北省有大陆泽、鸡泽、泜泽等，位于邯郸至宁晋间，为太行山东麓冲积扇的前缘洼地；今河南省有圃田泽、荥泽、萑苻泽、修武获嘉间的大陆泽、孟诸泽等，除孟诸泽位于黄河古冲积扇的前缘地带外，其余均处于黄河古冲积扇的顶部地区；今山东省有大野、菏泽和雷夏泽等，这些湖泽位于鲁西平原一带。同时众多的湖沼之旁又分布着大片的下湿地。

长江中游的江汉湖群地区，先秦时期称为云梦泽，河道纵横，湖群密布，当江、汉洪水盛涨，平原就成为一片汪洋。

长江下游太湖地区，距今 7 000 年前已形成湖沼湿地平原，之后古人就在平原栖息生活。杭州湾以南的宁绍平原在第四纪卷转虫海浸后，海水浸入平原，土地咸化，自然环境恶化，越族居民除一部分留在高丘岗阜外，有的向太湖平原迁徙，有的向会稽、四明山区迁移。他们从会稽山看到的平原是一派“汤汤洪水”的景象，由是产生了治水的设想。故而有人提出“禹是南方民族神话中的人物”，“这个神话的中心点在越（会稽）”的观点[24]。

总之，要开发低地进行农业生产，治水就成为迫切之事，这一时期的治水功劳就集中汇集到大禹身上。所以大禹治水的主要地区不仅有当时政治、经济中心地的黄河流域，也应向南推到原始稻作农业发达的长江流域。以往人们把黄河流域视为

---

① “三仞”，原为“三百仞”。数字经清人王念孙《读书杂志》校订。参见顾颉刚《息壤考》，《文史哲》1957 年第 10 期。

② 据说尧建都平阳（今山西临汾西南），舜建都蒲坂（今山西永济西），夏禹建都安邑（今山西夏县西北）。



中华民族文化的摇篮，认为我国农业首先发生在黄河流域，然后逐步传播到其他地区。但考古发现证明，长江流域和黄河流域一样，其农业起源也是很早的，也产生了发达的原始农业，只是因开发的自然环境、社会条件的不同，在进入阶级社会以后才落后于开发更快的黄河流域。传说大禹是四川汶川人①，而葬于会稽之山。有人遍查了浙东的地方志和其他文献资料，在绍兴、余姚、上虞三县境内，找出了18处传说中的舜、禹故迹[25]。因此，长江流域也是禹治水的一个重要地区。有人（顾颉刚等）甚至提出“禹的神话是从南方传到北方”的观点。实际上我国农业是多元起源和多元交汇的，长江流域的原始农业并不逊于黄河流域，基本是同步发展的，大体处于同一发展水平上。大禹治水是农业向低地发展时出现的为改善生产环境进行的活动，反映的地域应是很广的。由于黄河流域有广阔的平原，肥沃疏松的黄土，气候温和适中，又处于各地区文化交流的中心，因此，这一地区的早期农业获得持续而长足的发展，并在这一基础上率先进入文明时代。表现在文献记录中，汉代司马迁的《史记》，记载的大禹治水重心已转化为大禹治河了。因为《史记》是“正史”、“信史”，故长时期以来人们所指的大禹治水的地域仅在黄河流域。

从古籍记载来看，大禹治水所做的工作主要有两个方面，即疏导河川“决九川”和开挖沟洫“浚畎浍”。

关于疏导河川的工作记载很多，择要列举如下：

《庄子·天下篇》引墨子说：“昔者禹之湮洪水，决江、河，而通四夷、九州也，名川三百，支川三千，小者无数。”

《孟子·滕文公下》说：“当尧之时，水逆行，泛滥于中国。……使禹治之，禹掘地而注之海，驱蛇龙而放之菹，水由地中行，江、淮、河、汉是也。险阻既远，鸟兽之害人者消，然后人得平土而居之。”

《孟子·滕文公上》说：“禹疏九河，瀹济、漯而注诸海，决汝、汉，排淮、泗而注之江，然后中国可得而食也。”

《荀子·成相》：禹“北决九河，通十二渚，疏三江”。

《墨子·兼爱中》：“古者禹治天下，西为西河渔窦，以泄渠孙皇之水；北为防原泒，注后之邸，滹沱之窦，洒为底柱，凿为龙门，以利燕代胡貉与西河之民；东方漏之陆防，孟渚之泽，洒为九浍，以楗东土之水，以利冀州之民；南为江汉淮汝，东流之注五湖之处，以利荆楚、于越与南夷之民。”

《淮南子·本经训》：“舜乃使禹疏三江、五湖，辟伊阙，导廛、涧，平通沟陆，流注东海。鸿水漏，九州乾，万民皆宁其性。”

《淮南子·人间训》：“禹凿龙门，辟伊阙，平治水土，使民得陆处。”

《尚书·禹贡》导九川，则指为导弱水、黑水、河水、漾水、江水、沇水、淮水、渭水、雒水等。

这些记载皆带有神话色彩，将自然力造成的江、淮、河、汉，及龙门、砥柱等

---

① 扬雄《蜀王本纪》“禹本汶山郡广柔县人也，生于石纽”。广柔县，隋改为汶川县。大禹到底是何地人？目前上海复旦大学生命科学学院现代人类学研究中心，正在开展“禹夏的族谜分析”，通过抽取绍兴禹陵村姒姓、夏履镇北坞村夏姓，河南、台湾等地禹姓、费姓、辛姓等男性血样，查探他们的基因，以解决大禹的身世问题，参见2001年9月26日《南京日报》。



现象，附会为大禹的“神功”，或把不同时期不同人物的治水活动，归到大禹的身上。把人和事加以神化，这是远古人的认识特点，我们不能苛求于古人，这反映了当时人们征服自然的美好愿望。然而大禹治水的传说在先秦就多有记载。禹的事迹见于春秋战国时的文物铭刻，如秦公簋铭文“鼎宅禹迹”与叔夷钟铭文“咸有九州，处禹之堵”。文献所记最早为《诗经》，其后则有《尚书》、《论语》、《墨子》、《孟子》、《庄子》、《荀子》、《韩非子》、《管子》、《国语》、《左传》、《吕氏春秋》、《楚辞·天问》、《山海经》等，到汉代则有《淮南子》、《史记》等。因此“大禹治水”是一个很悠久、很广泛的传说，流传中不免造作、附会，以至于变异或相悖。但历史传说常常以曾经存在过的事实为基础，这个“历史化真实”所指是什么呢？上文所举史籍记载的主要方法为“决九川”和“浚畎浍”。“决九川”即指治理大江大河的工程，但在禹的时代受生产力水平的限制，是不可能那么大规模进行的。故疑古派认为禹的事迹是不存在的，这种看法我们认为也是有片面性的。那么大禹到底作了什么治水工作呢？我们认为应该是指禹修治沟洫的工作。

关于开挖沟洫的记载，《论语·泰伯》称：禹“卑宫室，而尽力乎沟洫”。又《论语·宪问》说：“禹稷躬稼，而有天下。”以上说明禹进行的是治沟洫，事农耕的工作。联系当时的生产工具和生产状况来看，这确是当时治水活动的真实写照，而决不是治理大江大河所谓“决九川”的工作，最多与沟洫工程配合进行一些江河支流的“决其壅塞”的工作，以便使水流能顺畅地排走。

二、大禹治水的技术方法

大禹治水的技术方法，比共工与鲧有了改进，不是单纯采用壅塞方法，而是根据水流运动的特性，主要进行疏导工作。《淮南子·原道训》载：“禹之决渎也，因水以为师。”此处“因水”应指水往低处流的特性和规律，禹治水时对这一规律已能清楚认识。《国语·周语》称：“盖鲧不顺五行之性，筑堤以障润下之水，故无成。禹则顺水之性而导之使下，故有功。”禹采取了“决九川距四海，浚畎浍距川”的治水方法[26]。当然，其时要对大江大河进行疏导是困难的，因此大禹“决九川”的工作决不是治理大江大河，“九川”很可能指的是一些支流，采取的方法是“决其壅塞”，使河道洪流能顺畅地泄泻。当时主要进行的是“浚畎浍距川”的工作。“距”这里是“至”的意思，即将农田中的洪涝水通过畎浍导至川，再泄入海；“浚”就是疏导之意。《墨子·兼爱中》谈到禹的治水，用了“泄”、“注”、“洒”、“凿”、“漏”、“流”等词，也都是疏导的方法。

然而，禹也并未摈弃堙障的方法。《国语·周语下》记载，禹“高高下下，疏川导滞”的同时，也采用“陂障九泽”的方法。这里的“陂”意为泽畔障水的堤岸，可将一部分洪涝水引入沼泽拦蓄起来，起到蓄水分洪的作用，以减轻水患。此时的“陂障九泽”与共工氏和鲧采用的“壅防百川，堕高堙庳”的方法，虽然都是采用“堙”、“障”的技术，即《礼记·祭法》说的“禹能修鲧之功”，但所障的范围及所起的作用仍有差别。前者将大范围的低地开辟成蓄水湖泽，滞蓄了大量的洪涝水；后者是沿河筑堤或把低地垫高以居住和生产，范围较小，工程量不大，效果不很明显。可见禹治水在技术上有很大改进，终于用疏导及辅以“陂障九泽”的方法平治了水患。可以说禹既创造了疏导的方法，又使疏导与障蓄方法结合运



用，使川浍与陂泽二者共同起作用，所以治水效果明显。

后人对禹治水的技术经验进行过总结。《国语·周语下》中载有周灵王二十二年（前550年）太子晋总结的禹平治水土的四条原则：一是“帅天地之度”，即根据自然界提供的条件；二是“顺四时之序”，即遵循季节的变化；三是“度民神之义”，了解人民和神明的意愿；四是“仪生物之则”，即按照事物的发展规律办事。认为禹能对前辈治水的不足加以改进，“伯禹念前之非度，厘改制量，象物天地，比类百则，仪之于民，而度之于群生”。采用“高高下下，疏川导滞，钟水丰物，封崇九山，决汩九川，陂障九泽，丰殖九薮，汩越九原，宅居九隩，合通四海……能以嘉祉殷富生物”，“九”指多数。禹能顺地形进行治理，疏浚不畅的川流，筑陂障泽蓄水，因地制宜平治水土，发展农业生产。此即指出大禹能顺应天、地的自然规律，顺应人们的意愿治水，因而取得了成功，使生产大为发展。这里将治水的技术思想归纳得甚为深刻。

相传禹在进行平治水土工作中，还发明了原始的测量技术。《史记·夏本纪》载：禹“左准绳，右规矩”，“行山表木，定高山大川”。这儿的“准”、“绳”是测定水平、垂直度的器具，“规”是画图形的圆规，“矩”是画方形的角尺，矩因构成了直角，在测量中作用尤大①。“表木”，唐司马贞《索隐》解为“刊木立为表记”，就是定线路、定高下的意思。使用这些原始的测量工具，大约已能进行初步的水准测量，测定高低、位置、方向和距离。由于测量技术的需要，数学也得到发展，《周髀算经》载：“故禹之所以治天下者，此数之所由生也。”即产生了数字和几何等计算知识，这些对后代的测量学、数学等的发展给以深刻的影响。

三、治水与社会进步

大禹治水对社会发展产生了重大影响，体现在以下几方面：

（一）改造恶劣的自然环境，促使农业向低地发展

大禹未治水前，“水逆行，泛滥于中国，蛇龙居之，民无所定，下者为巢，上者为营窟”〔27〕。“十年九潦”〔28〕。人们的生存环境很差，低地被洪涝水淹没，农业生产无法进行。经禹十多年的治水后，使“水由地中行……然后人得平土而居之”。〔27〕“百川顺流，各归其所，然后人民得去高险，处平土”。〔29〕洪水漫漫的状况得到根本改善，人们可以“降丘宅土”〔30〕，从丘陵高地移到肥沃的平原居住和从事农业生产。

禹平治水土后，低地农业有了较多的发展。《诗·鲁颂·閟宫》记载：后稷“奄有下国，俾民稼穑”；“有稷有黍，有稻有秬，奄有下土，缵禹之绪”。此“缵禹之绪”即指禹平治水土后，稷教民在低地种植庄稼。这时水稻种植第一次得到有组织的推广。《史记·夏本纪》称禹治水后，“令益于众庶稻，可种卑湿”。水稻适宜低地种植，此时稻作种植范围扩大，渐向北方推移。考古发掘证实这一时期黄河流域一带水稻种植有了发展。我国水稻起源于南方，并由南向北逐步传播。距今七八千年前，淮河上游支流的贾湖地区裴李岗文化遗址中，已发现有栽培水稻的遗

① 《周髀算经》中讲到西周时如何用“矩”进行测量，即“平矩以正绳（绳即铅垂线），偃（仰）矩以望高，复（俯）矩以测深，卧矩以知远”。可知“矩”可测目标物的方位和高、深、远。



存。黄河流域的水稻栽培遗存发现于龙山文化时期。如山东栖霞曾发现龙山文化时期的稻谷稻壳印痕，该地达北纬37°，说明这时期水稻向北传播有了突破。

（二）社会生产力有了长足的进步

禹治理水患后，使农业生产和社会经济得到较快的发展。《尚书·益稷》载：禹“暨稷播，奏庶艰食鲜食。懋迁有无化居。烝民乃粒，万邦作乂”。原来民众粮食匮乏，此时状况改善，并调一些地方的余粮到不足之地，天下因此而治。随着粮食生产的增加，人们还采用谷物酿酒。《战国策·魏策》载：“昔者帝女令仪狄作酒而美，进之禹，禹饮而甘之。”说明治水后，农业生产条件得到改善，农产量有了较大的增长，有剩余粮食用作副食生产，人们的生活变得丰富起来。

（三）促进了社会制度的变革和国家的形成

生产力的进步必然对生产关系发生影响。大禹治水发生在我国原始公社的末期，当时的社会组织由氏族、部落及部落联盟组成。禹治水成功，威望提高，被推举为部落联盟的首领。由于治水后生产力明显提高，农产品除原始公社内部吃用外，还有剩余。这时部落首领利用手中职权，破坏原始公社平均分配产品的社会经济原则，把剩余产品攫为私有。传说禹的家庭颇富有。据考古发掘，龙山文化时期的墓葬贫富差别已很显著，说明这时已出现阶级分化。私有财产和阶级的出现，标志着原始公社已趋于解体，为奴隶制国家的建立打下了基础。

我国第一个奴隶制社会夏朝的建立，与大规模治水有很大的关系。因治水包括的地域广大，工程量也大，治水不仅要解决技术问题，还涉及组织人力、物资等管理问题。由于其时洪水成灾范围广，历时久，规模狭小的农村公社势单力薄，担当不了这一任务，需要各个氏族、部落通力合作，更需要强有力的集中领导，以能在统一的部署下协调行动。在这样的历史条件下，领导治水的人物获得了前所未有的权力和威望。史载：“禹朝诸侯之君会稽之上，防风之君后至，而禹斩之。”[31]防风氏在当时是有较大势力的氏族，禹能轻易将他斩首，说明禹取得了很大的权力，成了驾临于其他氏族、部落首领之上的人物，氏族部落民主制被废除，部落联盟首领逐渐形成世袭制，它“促进了王权的产生”[32]，为夏王朝的建立奠定了基础。这就是我国第一个奴隶制国家政权恰好出现于禹治水之后的缘故。

在平治水土的过程中，还按地域划分了管理区。《山海经·海内经》称：“禹卒布土，以定九州。”此“州”，既有水落州（即洲）出的意思，也是指行政区域的划分。《淮南子·修务训》也说：禹“平治水土，定千八百国”。这些“州”、“国”是按地区划分的，不同于原始公社由血缘关系组成的氏族、部落。恩格斯说：“国家和旧的氏族组织不同的地方，第一点就是它按地区来划分它的国民。”[33]因此，设九州和诸侯国按地域关系进行管理，标志此时已进入国家的形成阶段。正因为采用类似国家的集权统治，才能大规模地组织各地人力、物力，取得治水的成功。由是，我国的历史也就向前迈进了一大步。

总之，传说的禹治水取得成功，最重要的原因是改进了治水的技术和方法，加之坚韧不拔与大自然作斗争的精神，才能改造不利的自然环境，平息滔天的水害。这就为原始农业的发展创造了条件，促使生产力得到长足的提高，从而导致原始社会的解体，催化了奴隶制国家的形成，可见大禹治水影响的深远。



参考文献

〔1〕《周易·系辞下》。

〔2〕《淮南子·齐俗训》。

〔3〕《淮南子·修务训》。

〔4〕王玉棠等:《农业的起源和发展》,南京大学出版社,1996年,第60页。

〔5〕《淮南子·主术训》。

〔6〕保定地区文物管理所等:《河北徐水县南庄头遗址试掘简报》,《考古》1992年第11期。

〔7〕河北省文物管理处、邯郸市文物保管所:《河北武安磁山遗址》,《考古学报》1981年第3期。中国社会科学院考古研究所河南一队:《1979年裴李岗遗址发掘报告》,《考古学报》1984年第1期。

〔8〕中国社会科学院考古研究所编:《新中国的考古发现和研究》,文物出版社,1984年,第36页。

〔9〕陈报章:《河南贾湖遗址出土炭化稻米与初步研究》,《农业考古》1995年第3期。

〔10〕中国科学院考古研究所、陕西省半坡博物馆:《西安半坡》,文物出版社,1963年。

〔11〕刘诗中:《江西仙人洞和吊桶环发掘获重要进展》,《中国文物报》1996年1月28日,袁家荣:《玉蟾岩获水稻起源重要新物证》,《中国文物报》1996年3月3日。

〔12〕湖南省文物考古研究所、澧县文物管理所:《湖南澧县彭头山新石器时代早期遗址发掘简报》,《文物》1990年第8期。

〔13〕裴安平:《彭头山文化的稻作遗存与中国史前稻作农业》,《农业考古》1989年第2期。

〔14〕张绪球:《长江中游史前稻作农业的起源和发展》,《中国农史》1996年第3期。

〔15〕浙江省文物管理委员会等:《河姆渡遗址第一期发掘报告》,《考古学报》1978年第1期。

〔16〕《左传·昭公十七年》。

〔17〕高广仁:《说"丘"——城的起源一议》,《考古与文物》1996年第3期。

〔18〕《国语·周语下》。

〔19〕《史记·五帝本纪》。又《尚书·尧典》载:尧曰:"咨,四岳,汤汤洪水方割,荡荡怀山襄陵,浩浩滔天,下民其咨,有能俾乂。"佥曰:"于,鲧哉。"

〔20〕徐馨、沈志远:《全新世环境》,贵州人民出版社,1990年。

〔21〕《尚书·舜典》。

〔22〕史念海:《论两周时期黄河流域的地理特征》,载《河山集》二集,三联书店,1981年。

〔23〕邹逸麟:《历史时期华北大平原湖沼变迁述略》,《历史地理》第五辑。

〔24〕顾颉刚:《古史辨》,北平朴社,1926年,第104~286页。陈桥驿《绍兴水利史概论》,载《鉴湖与绍兴水利》,中国书店,1991年,第3页。

〔25〕乐祖谋:《历史时期宁绍平原城市的起源》,《中国历史地理论丛》1988年第3期。

〔26〕《尚书·益稷》。

〔27〕《孟子·滕文公下》。

〔28〕《庄子·秋水篇》。

〔29〕汉·陆贾《新语·道基》。

〔30〕《尚书·禹贡》。

〔31〕《韩非子·饰邪》。

〔32〕《马克思恩格斯选集》第四卷,人民出版社,1972年,第141页、149页。

〔33〕恩格斯《家庭、私有制和国家的起源》,《马克思恩格斯选集》第四卷,人民出版社,1972年,第166页。



第二章
农田排灌工程技术

农田排灌工程技术产生于新石器时代的中期，最先在水田地区得到应用。根据大量的考古资料，江南地区在新石器时代的中、晚期，已有较发达的原始水稻种植业。先民们在低洼地区利用骨耜、石犁和破土器开沟筑埂，排水辟田，引水灌溉，出现了原始的灌排工程技术。

进入奴隶制阶级社会的夏、商、西周时期，黄河中下游平原得到较多开发，农地进一步开拓，大禹治水开创的沟洫水利继续发展、完善，逐步形成农田沟洫体系，出现了“遂水”、“匠人”旱地沟洫工程系统，以及“稻人”水田沟洫工程系统。旱地沟洫以排为主，水田沟洫蓄、引、排相结合。沟洫水利工程是这一阶段农田水利工程的主要类型，表明排灌工程技术比前阶段取得了明显的进步。沟洫水利的影响深远，对当时的农业生产、土地制度，以及后代水利技术等皆产生了一系列的影响和作用。

夏、商、西周时期黄河中下游地区兴修的沟洫水利以排水除涝为主，以解决当时低地农业的主要灾害——水害。随着农业的发展，为了战胜旱灾，灌溉水利也渐出现。西周时的农田灌溉在《诗经》中有所反映，略可窥见当时中原地区的灌溉技术水平。

第一节 原始水田农业的灌排技术

种植水稻离不开水。原始灌溉技术最先应产生于水田作业之中，并与排水技术相结合，形成初步的灌排技术。因原始水田中的灌排工程的实例甚少，故我们首先从史前水稻遗存的自然环境、当时使用的工具，以及建筑遗址的引排沟渠等方面来探讨原始的灌排技术。因长江中下游地区史前水稻遗存发掘多，年代早，系列长，所以在此主要讨论该地区原始水田农业的灌排技术。

长江中下游平原在新石器时代中期，即已形成一定规模的稻作农业。因人工栽培水稻，离不开“种”、“管”、“收”过程，也就有了对水的初步利用与控制，产生了早期的灌排技术。这与原始水田所处的自然环境便于引排水有关。另从新石器水田遗址出土的一系列工具来看，确实创造了专门用于开沟筑埂的工具。20 世纪 90 年代，原始稻田中的灌排沟渠也已被考古发现所证实，表明出现了蓄、引、排相结合的水工技术。

一、原始水田的自然环境

长江中下游地区的原始水田一般位于水源丰富、地势低平的自然环境之处，这种环境有利于喜水多的水稻生长，以江南地区来说，考古发掘证明，太湖平原和宁绍平原的新石器水稻遗址，都是紧靠河湖边沿或为沼泽之地，具有引取水源的便利条件，但开辟时需要进行排水工作。如宁绍地区的河姆渡遗址，其早期文化年代距



今7 000年左右，在5 000平方米的遗址发掘范围内，普遍发现由稻谷、稻谷壳、稻秆、稻叶和其他禾本植物混合在一起的堆积物，厚度达40～50厘米。这些稻谷经鉴定属于栽培稻的籼亚种中晚稻型的水稻[1]。该遗址坐落在湖泊沿岸，附近大部分是低洼积水的土地。要开发这片肥沃多水的土地，必然要排除土地里的积水，才能将低洼沼泽地辟为一块块水田；天旱时又需引水入田，以利水稻生长。浙江桐乡石门的罗家角遗址，其早期文化与河姆渡早期文化年代相当或略早，该地出土有一定数量的栽培稻，稻谷经鉴定，已有籼型和粳型两种稻谷的分化[2]。该地同时出土了芦苇编织物、大量淡水鱼遗骸，以及适于沼泽地上拖载物品的"拖泥木板"等，说明其环境为湖沼之地。其后距今6 000至5 200年的马家浜文化时期，气温比前一段时期更高，降水量明显增加，湖沼增多和扩展，地表水域面积进一步扩大，因此，江南稻作农业更加发展。马家浜类型的遗址，如吴县唯亭草鞋山遗址处于阳澄湖南岸，目前该遗址距湖边只有600多米。又青浦崧泽遗址根据孢粉分析研究，当时有不少水生和盐生黎科植物生存，说明其地理环境系近海沼泽地。到距今5 200至4 100年的良渚文化时期，太湖平原的北、东、南地区皆发现了这一时期广泛的稻作遗存，这些地区地势低平，河湖稠密，水源丰富，江南史前稻作农业发展到鼎盛时期。如吴兴钱山漾遗址，发现有成堆的稻谷和稻米，经鉴定可以确定有粳稻和籼稻两亚种，还发现了用于舂米的大型陶臼及舂米的木杵。从上可以看出，江南地区新石器时代人工栽种水稻已有一定的规模，水稻种植多在低平湖沼湿地进行，这种多水的自然环境利于原始稻作的发展，虽然当时对自然条件依赖的程度还高，但人们已进行改善生产条件的努力，因地制宜，开展一些小规模的引、落、排工作，这从下述发现的新石器水田工具即可证明。

二、原始水田的耕作工具

从原始水田耕作的工具来看，新石器时期已有翻土、平土、修筑田埂和开沟的工具。

在河姆渡遗址出土的最引人注目的工具是骨耜，先后两期考古发掘中共出土170余件骨耜。见下页图1－2－1－1。大多数骨耜由偶蹄类哺乳动物的肩胛骨制成，骨面正中有一竖向浅槽，浅槽下部两边各挖一长孔，开挖浅槽和孔眼是为了便于绑固木柄。有人对这些骨耜作了研究，大致依其用途分为三类[3]。第一类"骨耜"，数量最多，下缘刃部分成双齿，双齿长10厘米左右，器身也较长，复原后形如我国古代的农耕工具"耒"，从其刃部上的竖向擦痕判断，应是当时最主要的翻土农具。第二类"骨耜"的刃部有平刃、斜刃之分，均为人工磨制而成，耜冠的刃部距装柄浅槽仅2～3厘米，且平刃"骨耜"长度大都在20厘米以下，显然不能用作翻土深耕，从其背部较平整光滑看，此类"骨耜"主要用来铲平田地和兴修水利时掘土之用。第三类"骨耜"，器形较大而厚重，皆一面平整而光滑，另一面则露出粗糙的骨松质，刃部使用痕迹不明显，故不是用来挖掘泥土的，应是平整水田的农具。可见河姆渡遗址已出现了专用于翻耕土地的"骨耒"、修整水田的"骨耜"和平整农田的"平田器"。所以，此三种工具中，至少有两种可用于开挖小型沟渠，排除积涝水或引水灌溉。

在良渚文化遗址中，普遍出土三角形石犁，器形大，这种石犁是安装在大犁床



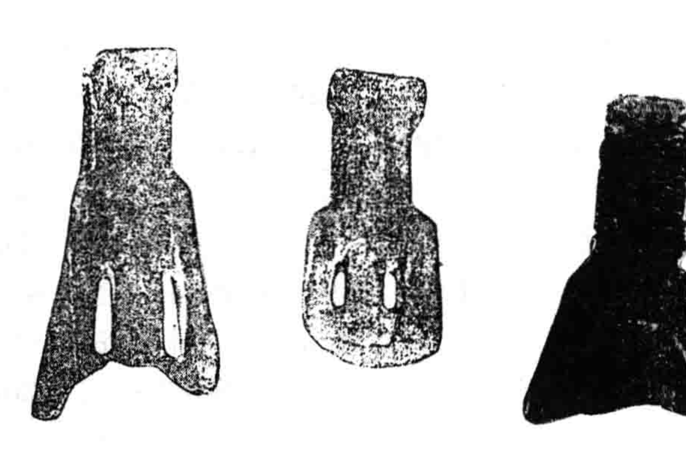


图 1-2-1-1　河姆渡遗址第四文化层出土的骨耜

（浙江省博物馆）

内使用的，可耕种破土或开小沟。良渚文化遗址中还出土了一批三角形破土器[4]，底边为单面刃，与底部相邻的一边，均呈不同程度的磬折状内凹，前端尖锐，顶端有一个斜向的把柄，有的在靠近前边中段处有一穿孔，可能与拖曳有关，一般体形较大，多用片状页岩制成，制作较粗糙。而良渚文化的石制品一般制作精致，因此说明对这种工具的工艺要求不需精细。破土器小的边长一般为 20～25 厘米，大的边长可达 50 厘米以上。器形硕大笨重，使用时是借助工具本身的重量。据研究，破土器可能是用于水田的开沟破土。使用时斜向装上木柄，再系上绳索或木架，一人按住木柄，一人在前边牵引，先将田土划两道并行的沟，然后再用骨耜、石铲等掘土农具把两沟中间的土挖出来，形成沟渠，以供排灌时用，故而称此破土器为开沟犁。

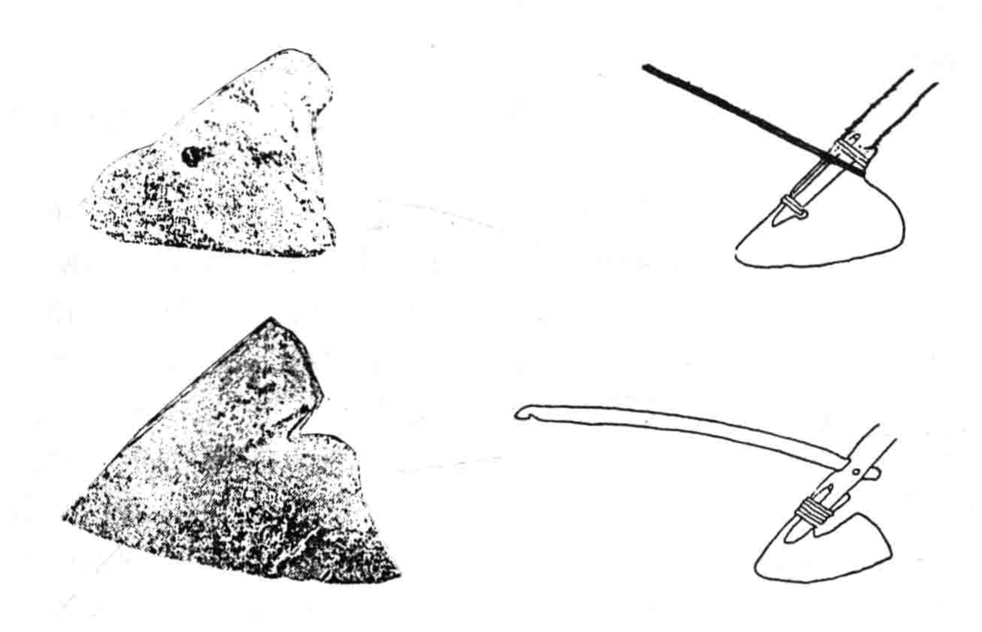


图 1-2-1-2　破土器及其安装示意图

浙江省桐乡县过去曾有一种开沟工具叫拖刀，形状和功能与破土器类似。使用时一人执柄将刀插入泥土，二人曳绳，牵引前进，将田土划出二条相隔 25 厘米的缝隙，再挖去两缝之间的泥土，即成沟壁光滑陡直的排灌水沟。古代斜把破土器也在此地区出土，其功用应大抵相同。所以，距今四五千年的江南地区的先民们，确



实能运用石犁和破土器开挖有一定规模的沟渠了。

此外，在吴兴钱山漾遗址中，还发现了农具“千篰”[5]。千篰，由独木剜成，长方形，器形与现在的千篰相似，这是一种戽水和捻河泥的工具，表明良渚文化时期江南已有人工戽水灌溉和施肥技术的运用，至今杭、嘉、湖地区的农民还普遍使用千篰工具。

三、原始水田遗址的灌排设施

20 世纪 50 年代已在江南新石器时期居住遗址附近发现了沟渠。如属马家浜文化的浙江吴兴邱城遗址的下层，在其建筑遗址附近发现了九条排水沟，及二条宽 1.5 米至 2 米的引水渠[6]。该遗址靠近太湖，引水渠是先民们将水源引入住地而开挖的。在渠道附近还有石砌的长条形公共烧火沟。在杭州水田畈良渚文化遗址，其居址的北面发现有一条宽达 3 米左右的水沟，沟南侧尚存残蚀的小木桩[7]。可见当时已掌握了利用木、石、骨工具开挖引排沟渠的技术，既然能在遗址附近开挖沟渠，那在水田中也必然会运用这种技术的。

不出所料，原始水田开挖的灌溉系统已为近年来的考古发掘所证实。1996 年 11 月，中日考古学家在历时三年的联合考察后于日本宣布，在苏州唯亭镇陵南村属良渚文化的草鞋山遗址发掘出了呈两行排列，南北走向，计 33 块，呈长方形、椭圆形等不规则形状的稻田遗址，水田相互连接，田块之间均以水口相通，田东部及北部边缘有“水沟”和“水口”相通，并于“水沟”尾端发现水塘或“蓄水井”，灌溉系统是以水塘或蓄水井为源。在这些田块里，还发现了大量的已碳化的米（谷）。这些米（谷）经鉴定，不是野生稻，而是栽培稻[8]。草鞋山稻田遗址，距今约 5 000 年，是全球迄今为止发现的较早古代稻田遗址之一，较日本福冈县的板付稻田遗址早 3 500 年。草鞋山遗址的稻田已开发得较有规模，成为固定的生产基地，说明我国早在四五千年良渚文化时代的先越居民，已经掌握了从当时来说相当先进的水工技术用于稻田灌溉，这是项了不起的成就，意义重大。

另外，据报道，1997 年在湖南澧县车溪乡南岳村的城头山遗址发掘出了古稻田[9]，发掘区揭露面积 336 平方米，清理出由西北向东南走向的三条田埂，田埂间形成长条形的二丘田。从出土陶片确认水稻田系汤家岗文化时所造，年代距今 6 500 ~ 6 300 年，表明此古稻田不仅在国内，而且在全世界也是最早的。人们在位于稻田之西的原生土层发现水坑三个，其中坑一直径 1.2 米，深 1.3 米，呈锅底形。据其规整程度判断属人工挖成，而非天然水坑。又发现由西南向东北注入坑一的二条小沟。水坑、水沟无疑是与稻田配套的设施。据此，长江中游早在 6 000 年前就有较原始的灌溉系统了。

综上所说，我们可以得出，新石器时代的中、晚期，江南水田中已出现了原始的蓄水、引水、灌水、排水的沟渠，灌排技术已经萌芽，并有了初步的发展。此时期北方地区种植的作物主要为黍、粟等旱作物，刚进入黄河中下游平原的低地农业面临的主要是积涝问题，所以水利以排水为主，而黍、粟为耐旱作物，此时灌溉还不显得迫切，故灌溉技术未产生和发展起来。原始水田灌排技术，除上面所述外，下文论述的水田沟洫工程技术应是它的继承和发展。《周礼·稻人》中关于沟洫的设施与草鞋山遗址水田的灌溉设施非常类同，即由蓄水塘、灌溉渠、排水沟、水口



等组成，这种状况绝不是偶然的，而是一脉相承的工程技术，当然后代的工程布置更加系统和完善。

图 1－2－1－3　城头山古稻田遗迹剖面图

（选自《文物》1999 年第 6 期）



第二节 沟洫工程技术

中国社会进入奴隶制的夏、商、西周时代后，由于生产力的进步，平原低地进一步开拓，因此对农田水利建设提出了新的要求，逐渐形成以沟洫体系为主要特征的农田水利工程，因而这一历史阶段的灌排水利工程技术亦以沟洫工程技术为主。

夏、商、西周三代的主要活动地区，是在河洛、河济、河渭三大流域，分别处于黄河的中下游地区，因此沟洫农业也主要在这一带产生和发展。黄河中下游地区属暖温带干凉气候类型，适于旱作农业。夏、商、西周时期，这一地区种植的主要作物为黍、稷（粟）等旱作物，为了在低地除涝耕作，遂形成了与旱作相配合的旱地沟洫。然而，根据文献和出土资料，夏、商、西周王朝的势力范围皆已超出黄河中下游地区，南面达长江中下游一带。如代表夏文化的二里头文化的分布，主要以豫西伊洛颍汝四河流域为中心，但边缘所及，西到陕东，南到鄂东江干，东到皖西，范围相当大，颇符传说中夏代的疆域。到商和西周时已直接分封一些诸侯国在江、淮流域。这种阵势有利于南北农业文化的交流，其表现如北方水稻进一步北移，分布的地区有了扩大。北方降雨量少，依靠天然降水不能满足水稻生育期间对水分的需求，故种植水稻比南方更依赖于灌溉，需要兴修灌溉水利，因此出现了与稻作相配合的水田沟洫。由于长江中下游一带稻作灌排技术出现最早，北方的水稻是由南方传入的，故而北方的水田沟洫工程可视为南方水利向北方的传播和推展。于是这一时期的沟洫工程技术主要由旱地沟洫技术和水田沟洫技术两类组成。

一、沟洫的产生和发展

夏、商、西周时期，农业生产向着黄河中下游平原低地开拓进展。平原低地分布着众多的沮洳地和薮泽，上一章已经作了述说。低湿平原土地肥沃，土壤湿润，适宜农作。早在原始社会的晚期，已开始较大规模地从事薮泽低地的开发。《管子·揆度》称："黄帝之王……烧山林，破增薮，焚沛泽，逐禽兽实以益人，然后天下可得而牧也。"表明已进行低地的开发。大禹治水后，"奄有下土"，更在广大的低地种植黍稷、水稻等作物。据考古发掘，夏、商时华北平原已有较多的开发，出土的遗迹分布在冀南、豫西、豫北、豫东、鲁西和皖西北等广大地区，而且社会经济皆以农业生产为主。关中平原在周族移居后亦得到不少开发。周人在古公亶父时，为避戎狄而南徙，看到岐下"周原膴膴，堇荼如饴"，于是决定在周原定居。周原位于岐山之南，渭河以北，沮、漆水之间。沮，是沮洳之意。荼是苦菜，一般生长在下湿地上[10]。可见当时周原的地理环境比较湿润。周灭商后，势力扩展至黄河下游、淮汉及长江下游一带，分封诸侯于各地。如史载"（周）武王克商，封国七十有一"（柳宗元《封建论》)。《吕氏春秋·观世篇》说："周之所封四百余，服国八百余。"当然，其封国主要还是分布在华北平原范围之内，这就进一步促进了华北平原低地的开发。

黄河中下游地区的气候，具有春夏干旱多风，夏秋常有暴雨的特点。《夏小正》① 载：一月"时有俊风"，三月"越有小旱"，四月"越有大旱"，七月"时有

① 《夏小正》是《大戴礼记》中的一篇。有人认为其经文的成书年代在春秋以前，《夏小正》的传则是战国中期人作的。书中历法、月令资料来源很古，反映的是夏代的情况。参见夏纬瑛、范楚玉《夏小正及其在农业上的意义》，《中国史研究》1989 年第 3 期。



霖雨”。说明这一地区年降雨量分配很不均衡，有人对殷墟出土甲骨卜辞中卜雨的记载作了统计，卜雨次数超过十次的，均在十三月（闰月）至翌年五月，而六月到十二月卜雨次数均在九次以下[11]。又据研究，商代安阳一带的气候冬春干旱，夏季多雨[12]，这一特征与今日华北的气候是相似的。

夏商时期华北的气温比今天更温暖，降水量亦比现代为多，环境较为湿润，湖泊扩大，分布众多。西周气候虽然转向寒冷，但华北沮洳薮泽环境一直延续到西周之后。

由于华北地区春旱夏雨，从原始农业产生以来，就以种植生长期短，对水分要求不高的黍、稷（粟）等旱作物为主。然而，随着平原的开发，低平的地势，沮洳湿润的环境，加上夏季的霖雨，使排水成为夏、商、西周时期垦殖农田的首要问题，于是开挖农田沟洫就成了这一时期开发低洼平原地的必要水利措施。

农田沟洫肇始于夏，发展于商，至周代逐渐趋于规范化，在井田制典型的地区遂形成了纵横棋布的农田沟洫体系。

沟洫，是人工挖掘的田间水道，起行水的作用。传说大禹治水时已开凿农田沟洫，以排水除涝。《论语·泰伯》称：禹“卑宫室，而尽力乎沟洫”。这是沟洫一词的最早记载。其含义邢昺疏称：“沟洫，田间通水之道也。”又《尚书·益稷》说：禹“决九川距四海”的同时，“浚畎浍距川”。《史记·夏本纪》亦称：禹“浚畎浍致之川”。《集解》引郑玄说：“畎浍，田间沟也。”可见沟洫、畎浍都是田间的水沟，以排泄农田涝水。

据考古资料，黄河中下游地区新石器遗址已发现有人工开挖的水沟。如西安半坡仰韶文化聚落遗址、陕西临潼姜寨仰韶文化遗址和河北磁县下潘汪仰韶文化遗存中皆发现了人工开挖围绕村落的防护沟和排水沟[13]。龙山文化时期发现开挖的水沟更多，在技术上也有进步。如磁县下潘汪遗址龙山文化的两条水沟，其中编号为HG2的一条，沟沿齐直，壁面平整，拐弯处呈圆角的方形，现探掘长度为48.5米，“沟宽3.2米，深1.5~2.5米”；另一条沟全长39.5米，沟宽1.6米，深1.7~1.9米[14]。这些水沟已具有一定的设计水平。河北邯郸涧沟龙山文化遗址中亦发现了两条水沟。东沟宽1.6米，西沟宽1.3米，沟底有一层纯净的淤沙，两条沟相距很近，只有5米，各沟间还有圆筒形的坑（即池）相通连接[15]。池可储水，大约可供附近陶窑用水。此外，洛阳矬李龙山文化遗址中发现了沟宽2~3米，深约1米的水沟[16]。说明龙山文化时期开挖水沟的技术已达一定的水平。

商代时，沟洫工程在当时的文字上有了明确的反映。甲骨文字中的田字作田、田、田、田、田和田等形[17]，表示当时的农田被沟洫和疆界划分成一个个整齐的方形田块，有四方块的田，也有六方块、八方块、九方块和十二方块等的田。这种整齐的方块田，反映了当时土地分配和整治的状况。因形状类似井字，故而称作井田。与方块田相配合的沟洫，甲骨文字中有很形象的表示。如殷墟甲骨文中有一个“田巜”字①。《说文》中作“S”字，意为小水流，即“く”字，也就是后来的

---

① 《殷虚书契前编》卷四，第12页。但叶蕻涣在《殷虚书契前编集释》中说，田、巛似契刻太近而为一字。而商承祚在《殷虚文字类编》解释说：“《说文解字》く，水小流也，古文从田、川，作甽。篆文从田，犬声，作畎。《周礼·考工记》‘匠人广尺深尺谓之田巜’。前汉《沟洫志》（应为《食货志》）一畮三田巜。《汉章帝纪》：‘或起甽亩’，其字皆作甽。……作田巜与许书之古文及《周礼》、《汉书》合，故知甽乃田巜之初文，而畎益后起字矣。”



形声字"畎"字。"⊞巛"从其字形来看，从田，从川，即田边行水的小沟。清人胡承珙在《毛诗后笺》中说："古人制田，始于一亩，行水，始于一畎"。畎（或甽）是与田块配套的最末一级沟道。甲骨文中还有一个"⊞"字[18]，从田从V，V即く，为田间小沟，故有人认为⊞是畎字的初文[19]。卜辞中有"令尹作大⊞"，"勿令尹作大⊞"[20]，即指开挖田间排水沟。此外，殷墟甲骨文中还有一个"⊞"字[21]，共约有百余见。据研究，⊞与田（或⊞⊞）相联用时，⊞字意当即《说文》中的"巜"字，小篆作"巜"[22]。《说文》称："巜"，水流浍浍也。"方百里为巜，广二寻，深二仞"。说明巜这一象形字，即二寻宽，二仞深的水沟。在古文献中，巜即浍之本字，巜、浍二字通用不别。由是可知，《说文》中表示沟浍的く、巜、甽、畎等字来源很古，在文字已完整形成的甲骨文中皆有了相应的字，并与田字相配使用。又甲骨文中疆字作"⊞"形，畴字作⊞，都有沟浍作田界。文字是客观事实的反映，因此，在商代农田中确实布置有大小纵横的沟洫了，并具有一定的规模和水平。又甲骨文"田"字不仅出土于殷墟，在江西清江吴城商代遗址，也出土了与甲骨文同一体系的陶文，其中有被沟洫和疆界分割的田字"⊞"[23]，说明农田中开挖沟洫，不仅存在于中原地区，而且在长江流域也存在。

另外甲骨文中还有⊞、⊞、⊞、⊞[24]字，即⊞字。殷商卜辞中有"王大令众人曰⊞田！其受年，十一月"[25]。"⊞田"一般理解为集体耕作的意思。另有人具体解释"⊞"字，意为上部为三把挖土的工具耒，下部为土地，⊞字下部的ㅂ、凵、⊔等是沟渠横断面的象形，"⊞"字就是用三把耒一起开挖田间沟洫的意思[26]。采用⊞田的方法，可提高工作效率。国王命众人去⊞田，说明修治沟渠是商代农田基本建设的一项重要工作，故而要命令众人去做，只有开挖好沟渠，才能排除夏秋时暴雨形成的积涝。

从考古发掘看，商代的一些遗址也发现有沟洫的遗迹，水沟数量多，工程量大，技术比前代有进步。在殷墟小屯中央部的一组基地附近曾发现31条大小水沟遗迹，形成排水网[27]。在小屯村的中心以西约200米的地方，发现了一条巨大的晚商壕沟，已探查的750米长的一段，宽为7～21米，深5～10米，由西南蜿蜒向东北，推测这是商代王宫周围用人工挖成的防御设施[28]。又郑州白家庄发现的一段5.5米长的水沟，近底部的两壁上有25个竖形圆孔，孔内还残存着木质朽凝物，表明它当时是插木柱的[29]。估计这是节制水流的工程设施。虽然这些皆是修在居住地区的排水和防御设施，但也可看出商代开挖沟洫的技术水平了。商代农业据研究已有翻耕、播种、中耕除草、施肥、治虫等一系列技术措施。联系甲骨文中的田字、甽字，可见进行农田基本建设，开挖纵横沟洫，用于排水，控制土壤的湿度，已成为商代农业生产中的重要一环。由于商代有较完善的农业技术措施，故而农业生产力比前代有提高，粮食收获量增多，多余粮加工酿酒，史载商代社会嗜酒成风，亦从一个方面说明农业发展达到的程度。

到周代，农田沟洫进一步发展，沟洫布置逐渐趋于规范化，并与井田制相结合，形成与井田制互为表里的沟洫制。

周族是擅长经营农业的部族。其始祖后稷"好耕农，相地之宜，宜谷者稼墙

焉，民皆法则之。帝尧闻之，举弃为农师，天下得其利，有功。帝舜……封弃于有邰，号曰后稷”[30]。据文献资料和考古发掘，有邰遗址应位于陕西杨陵西南。后稷曾帮助过大禹治水。《禹贡》将关中归属雍州，雍州经大禹治理后，“原隰底绩”。“原”是高平的地方，关中有众多的原，一个接着一个；“隰”是低下之地，是原下的湿地。“底绩”，表示已致功，据说是在田野修浚畎浍，使积水流到附近的川里[31]。说明后稷时关中可能已开始开挖沟洫。之后，后稷之子不迫于政治形势奔于戎狄。到公刘的时候（约盘庚迁殷的前夕）迁豳（今陕西彬县、旬邑一带），“复修后稷之业，务耕种”，讲究农田的整治。《诗·大雅·公刘》称：“笃公刘，既溥既长，既景乃冈，相其阴阳，观其流泉，其军三单，度其隰原，彻田为粮。”当时周人规划农田已注意到土地的方位、高低、阴阳、水源，公刘率领三军数量的氏族之人到豳地，对原、隰进行规划整治。毛诗：“彻，治也。”此处彻主要指把原隰治为畎亩。“相其阴阳”，既有把农田选在向阳地方的意思，也包括开挖向南或向东的沟洫，构成向阳的南亩和东亩的内容，这样布置农田有利于作物生长。

公刘传十代到古公亶父时，迁徙到岐山下的周原定居，“周原膴膴”，土地肥沃，整治农田的方法也与公刘时一脉相承。《诗·大雅·绵》记述当时：“迺疆迺理，迺宣迺亩，自西徂东，周爰执事。”毛传：“疆”字训为“划经界也”；“理”字训为“分地理也”。朱熹《诗集传》谓：“疆者，为之大界也；理者，定其沟、涂也。”即对土地进行划界，开沟作垄。此处“亩”是指垄，在作垄的同时开沟，用沟土作垄。“宣”是泄义，依靠沟洫泄排水。《庄子·让王疏》称：“垄上曰亩，下曰甽”，甽、亩互相依存，“有畎然后有垄，有垄斯有亩”[32]。由于周原地势西高东低，故而甽亩方向也是自西往东，以便排泄潦水。其后周人疆理田亩都是与开挖沟洫结合进行的。《诗·小雅·文王有声》：“丰水东注，维禹之绩。”文王都于丰，有丰水流其旁，在丰水一带也继承禹治理沟洫的传统。《诗·小雅·信南山》称：“信彼南山，维禹甸之，畇畇原隰，曾孙田之，我疆我理，南东其亩。”毛诗释：“甸”，治也；“畇畇”，垦辟貌。曾孙指周成王，其时的京都在丰、镐，位于终南山下。周人认为终南山之野大禹已治理过，成王继续修禹之功，将原隰疆理成南亩或东亩。《诗经》中屡有“俶载南亩”之类的诗句，其他记载西周史料的典籍中也有不少疆理田地的记载。可见西周时人们在农田中开挖向南或向东的众多小畎，畎、垄相间，多个条形农田组成方形农田，周围再布置沟洫，田野中出现棋盘状农田，沟洫逐渐趋于规范化，与井田制配套的沟洫体系也就在一些地区形成了。

二、沟洫工程技术

沟洫工程技术的发展是由简单到趋于成熟的。夏代记载缺乏。商代甲骨文田字，早期作“田”，晚期则变成纵横区划增多的“𤰳”字，说明沟洫布置的范围扩大，数量增多。西周时期形成了成套的沟洫布置格局。《周礼》一书中有具体记载。

《周礼》一书，一般认为成书于战国时期，但其资料来源很古。书中沟洫的布置格局不同于春秋战国以后的渠道布置，所以可认为反映的是西周时的技术水平。

《周礼》中的沟洫工程大致可分为两类，一类是旱地沟洫，一类是水田沟洫。

关于旱地沟洫的布置规格：



《周礼·地官司徒·遂人》载："凡治野，夫间有遂，遂上有径。十夫有沟，沟上有畛。百夫有洫，洫上有涂。千夫有浍，浍上有道。万夫有川，川上有路，以达于畿。"

《周礼·冬官考工记·匠人》载："匠人为沟洫，耜广五寸，二耜为耦，一耦为伐，广尺深尺谓之甽，田首倍之，广二尺、深二尺，谓之遂。九夫为井，井间广四尺、深四尺，谓之沟。方十里为成，成间广八尺、深八尺，谓之洫。方百里为同，同间广二寻、深二仞，谓之浍。"

从以上记载可看出旱地沟洫在布置方面的特点：

第一，沟洫的布置是与井田（或井田制）相结合的。① 即通过纵横沟洫（及道路）将土地疆理成井字形田块，井田与沟洫是分不开的。以上《地官司徒·遂人》说"十夫有沟"，《冬官考工记·匠人》说"九夫为井"，皆是井田。胡承珙《毛诗后笺》说："古人制田，始于一亩，行水，始于一畎。""亩"起初是一种高出地面的畦畴，后来才作为计算耕地面积的单位。百亩之田为一"夫"，十夫应为千亩，九夫为九百亩，而九夫组成的是典型的井田。当然，我们不能机械地理解井田，甲骨文中各种田字形状表示的也应是井田，农田由沟洫分成一块块较整齐的田块，这就是井田的含意所在。井田的划分又与土地分配制度有关，所以沟洫的布置亦可说与井田制密不可分。

第二，有多级大小水沟组成沟洫系统，并与道路系统相配套。遂人的职责是掌邦之野。《诗·鲁颂·駉》毛传云："邑外曰郊，郊外曰野。"野在郊之外，是从事农业生产的地方，所以开挖有大小众多沟洫。《遂人》载有"五沟五涂"。五沟是畎、遂、沟、洫、浍，最后由浍通于川；五涂（途）是径、畛、涂、道、路，分别列于遂、沟、洫、浍、川之上。《匠人》中沟洫的具体布置及尺寸如下：宽六尺、长六百尺之田为一亩，亩与亩之间布置广一尺、深一尺的畎；百亩之田为一夫，夫与夫之间布置广二尺、深二尺的遂；九夫之田为一井，井方一里，井与井之间布置广四尺、深四尺的沟；地方十里为成，成与成之间布置广八尺、深八尺的洫；地方百里为同，同与同之间布置广二寻、深二仞的浍。沟洫也是分畎、遂、沟、洫、浍五级。这样由沟洫和道路系统交加形成经界方正的井田图像。见下页图 1－2－2－1。

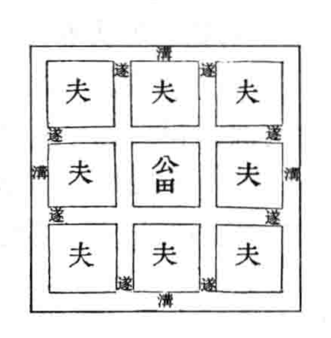
田间甽的开挖用工具耜，耜广五寸。西周时盛行耦耕，二耜并挖，即成广尺深尺之甽。甽在田间分布众多，而且随着农事活动逐年的进行，需要每年开挖，且季节性强，当时农具较简陋，采用耦耕，可提高工作效率。

旱地沟洫在农田中起何作用？汉代郑玄在《周礼·地官·遂人》注文中说："遂、沟、洫、浍，皆所以通水于川也。"他又在《周礼·小司徒》注文中说："沟

---

① 一般的看法西周是存在井田的，有棋盘状的农田，但对涉及土地分配方面的井田制度是否有，意见不一致。我们认为夏、商、西周时土地是实行逐级分封的。所谓"溥天之下，莫非王土；率土之滨，莫非王臣"（《诗·小雅·北山》），由国王把土地层层分封给诸侯、卿大夫等各级贵族，然后再分配给"庶人"耕种，这些庶民同时要在奴隶主的直辖土地"公田"上服劳役。井田制是建立在农村公社份地制基础上的，为了便于均分土地和监督劳动，形成了"步百为亩，亩百为夫"的井田制，而其土地经界是与沟洫系统相结合的。





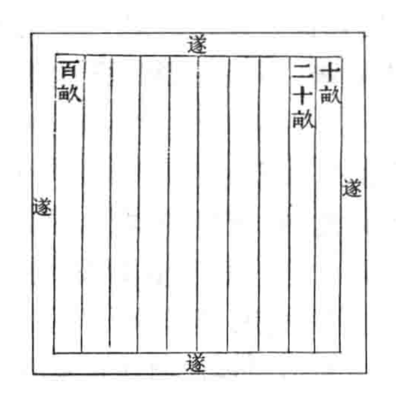


图 1－2－2－1　沟洫工程示意图

（选自《农政全书》）

洫为除水害。”同文唐代孔颖达疏：“云沟洫为除水害者。”《尚书·益稷》云：“浚畎浍距川，是其从畎遂沟洫次第入浍入川，故云为除水害也。”他们认为三代时农业为害主要是水涝，故而在农田中布置沟洫，以排水除潦。后人多赞同他们的说法。清代程瑶田对沟洫问题专门作了研究。他在《沟洫疆理小记》中指出：沟洫的作用，“余亦以为备潦非备旱也”。岁岁治之，务使水之来也，其涸可立而待。若以之备旱则宜潴之，不宜沟之，宜蓄之，不宜泄之。今之递广而递深也，是沟之法，非潴之法，是泄之，非蓄之也。从《遂人》、《匠人》沟洫的布置来看，旱地沟洫无引水的水源，沟道逐级深之广之，所以其功用主要用于排涝，这应是反映了当时的实际情况。当然，沟洫也有容水的作用，依靠雨天存留在沟洫中的水，旱时也起些浸润农作物的作用，但这毕竟不是主要的功用。

关于水田沟洫的布置如下：

《周礼·地官·稻人》称：“稻人，掌稼下地，以潴畜水，以防止水，以沟荡水，以遂均水，以列舍水，以浍泻水，以涉扬其芟作田。”

稻人这一官职是职掌“稼下地”，即低田农事的，说明水稻一般种于低下的泽地。因水稻喜湿，与旱作栽培的要求不同，故而泽地稻区的沟洫工程设施亦与旱地不同。首先要“以潴蓄水，以防止水”。“潴”有两种方法，水泽下湿之地，一遇淫雨易于漫没，故而要利用最低地蓄水滞涝，这是一种“潴”的方法；另一种“潴”为蓄流水的陂塘，以蓄水灌溉。“防”是在潴旁筑堤，防止湖水弥漫；或修筑陂塘，增加蓄水量；也可沿河筑堤防洪，防止外水侵入农田，其次是“以沟荡水”，“沟”是输水设施，通过沟渠把灌溉水输送到稻田。“以遂均水”，“遂”是田首受水小沟，可将“沟”中之水分送到田间。“以列舍水”，“列”为稻田的塍岸（畦畤），“舍”为居止的意思，通过修筑塍岸使稻田留住一定的水层。“以浍泻水”，“浍”是排水大沟，稻区的余水通过浍泄入大川。修筑好这些水利设施，才可治田种稻。可见《稻人》中的工程设施比较复杂，设有蓄水的“潴”（湖陂）、拦水的“防”（堤岸）、输水的“沟”（干渠）、均水的“遂”（支渠）、关水的“列”（田塍）、排水的“浍”（排水沟）。这样稻区有了蓄水、灌溉、排水、防洪的设施，灌排水利设施基本具备。当然，这些设施比起后代来规模仍小，调配利用水资源的能力有限，故而遇到干旱时，要“共其雩敛”，举行祈雨的祭祀。

总之，到西周时期，沟洫工程已实施于旱地和水田之中，沟洫工程技术包括旱



地沟洫技术和水田沟洫技术两类，不能认为沟洫工程仅指“遂人”和“匠人”中所载，也应包括“稻人”中所载。当时旱地沟洫的作用主要是排涝除水害，而水田沟洫则是蓄水陂湖和灌排渠系结合的水利工程，能抵御洪涝，又能引水灌溉稻田。之后，此类工程大约用之于其他作物。《礼记·郊特牲》中所祭八蜡（神），皆与农业生产有关，其中有祭坊与水庸的。郑玄注：“水庸，沟也。”孔颖达疏说：“坊者所以畜水，亦以障水；庸者所以受水，亦以泄水。”说明坊与水庸对农业生产所起作用巨大，才成为周天子祭祀的对象。而华北地区种植的作物主要是黍稷等旱作物，所以坊与水庸对旱作物也起排灌作用。

由于《周礼》一书中沟洫布置过于规整和系统，有人怀疑其存在的真实性。前文已述，当农业生产向低地平原发展时，面临的最大问题是水害，所以开挖沟洫成为农田建设之急务。稻区的灌排水利起源很早，随着水稻生产的发展，也需要配套的水利设施，这是修建沟洫系统在水田的必要性。又从出土的龙山文化遗址直至商周遗址来看，皆发现一些居住区内的排水沟，有的已形成了排水网。夏代已进入青铜时代，商、周时青铜农具已用于农业生产。虽然当时大量使用的是木石骨蚌制作的工具，但从技术方面来说开挖较大规模的沟洫系统仍是可能的，这可以近些年国内、国外的报道为证。

据1993年2月7日《中国文物报》报道，1992年4月至11月，辽宁省文物考古研究所与阜新市文物管理办公室在配合阜新闹德海输水管线工程的考古工作中，发现一处距今3 500年前后的高台山文化类型的古人工灌溉水渠。灌渠基本保存完好，纵横交错，相互沟通，可分为主干渠、支渠、毛渠，总长约245米。灌渠人工挖修成上宽下窄，两壁斜直的倒梯形。干渠上宽1.5~3米、底宽0.5~1米、深0.9~1.2米；支渠上宽1~1.5米、底宽0.4~0.5米、深0.5~1米；毛渠上宽0.5~1米、底宽0.3~0.5米、深0.3~0.5米。在干渠与支渠相交处发现三处柱洞遗迹，推测当时在灌渠间设置有蓄水、排水及泄水设施。在发掘出的灌渠东北角还有一个三角处，干渠与支渠的水通过此区分流。这些纵横交错、相互贯通的水渠将田地分割成若干长方形。渠与渠、地与地之间有着明显的水落差。认为这是一处古代农田灌溉系统，它与我国古代稻作有着密切关系。这处灌溉水渠是在早商时期修建的。干、支、毛渠配套。渠道横断面为倒梯形，干渠边坡较缓，支渠、毛渠较陡，渠道有一定的纵坡，这些都是合理的。甚至已在渠道交叉处设有调节水流的设施，① 可知当时的灌渠已达到一定的技术水平。

又据1980年6月2日合众国际社华盛顿电：“一个探测金星的雷达系统发现玛雅人一千多年修建的排水沟渠网。这些沟渠是藏在危地马拉和贝利塞的热带雨林底下的。考古学家们认为，这些沟渠使玛雅人能够把沼泽丛林的水排出去，变成一些可种庄稼的小块旱地。这项发现足以解释玛雅人在公元250~900年之间，如何能在这块非旱即涝的丘陵和沼泽丛林的土地上，养活大约二三百万人口。”“这些沟渠用石刀和石锄挖成，用来排水，以开出小方块的适于耕作的干地。亚当斯说，他

---

① 又《农业考古》1998年第1期摘登辽宁省文物考古研究所孙守道《阜新勿欢池三千年前灌溉水渠的发现及稻作的东传问题》一文，也对此作了大体相同的介绍。



估计光在危地马拉热带雨林底下，就藏有一万一千平方公里的沟渠系统。”“这些大约一英尺半深，三至九英尺宽的沟渠，使玛雅人能够种植玉米和可可。”[33]之后，不少人对中美洲古代玛雅文明进行研究得出：玛雅低地的农业是采用台田的集约经营方法的。台田是在河岸边、沼泽里的长条耕地，先在长条耕地四周挖沟，再把沟里的泥土垒在耕地上，成为长条高田，这就是台田。发现的台田沟渠，年代最早的在伯利兹北部、洪都河河岸旁，其 C^{14} 年代为公元前 1 400 年。玛雅文明的极盛时期（公元 600 ~900 年），台田大为发展，可供养的人口达 300 万之众。[34]

这些实例说明低地农业在开发初期，开挖沟洫，将挖出的土筑成长条高地，形成垄，在垄上再种植作物，这是低地农业在开发过程中需要采取的技术措施，从而形成旱地沟洫系统。又辽宁阜新发现的早商人工灌溉水渠意义尤其重大，说明其时稻作灌溉不只在长江流域和黄河流域，甚至中原以北稻作灌溉技术也达到了一定的水平，西周时必将更加发展，故《周礼·稻人》所述沟洫工程不是杜撰的。

当然，井田沟洫系统在商、周时，只局限在一些已开发的较小地域中。根据甲骨文卜辞中有关田猎农作的地名分布及发掘的遗址等分析，以殷墟（今河南安阳小屯）一带为中心的华北地区，在商代广布着常绿阔叶林、针叶林或混合林为主的植被，农耕地散布于丛林之中。一个农业点的范围，因人口、地势不同而异，可大至二三十平方公里，小至三平方公里以下。在农业据点内并非纯一色耕地，而是耕地与撮撮丛林杂处。[35]西周继续开辟平原荒地，《诗·周颂·载芟》：“载芟载柞，其耕泽泽，千耦其耘，徂隰徂畛。”该诗反映了西周初期大力开辟耕地和耕耘的情况。又《左传·昭公十六年》记载子产曰：“昔我先君桓公与商人（贾人）皆出身周，庸次比耦，以艾杀此地，斩之蓬蒿藜藿而共处之。”这是后人追述西周时在中原辟草莱的情况。虽然到春秋时还有不少土地仍是蓬蒿丛生，但已开出相当一些“田”。据《左传》等记载，山东有郓田、郲田、汶阳田、济西田、漷东田、沂西田、鄟田、莒田、祊田、杞田等；河南有阳樊、温、原、攒茅、隰郕、絺、向、盟、隤、怀等田，及制田、许田、州田、戚田、汝阴田等。[36]这些“田”主要分布在冲积平原上，地势较低，有的处在湖泽和河流旁。可以肯定“田”是经过选择地势，修治阡陌，开挖沟洫后形成的良田，故成为各诸侯国频繁争夺的目标。春秋时修治沟洫仍不断见于记载。公元前 6 世纪郑国有“子驷为田洫”[37]之事。《左传·襄公三十年》载：子产治郑，使“田有封洫，庐井有伍”。《孔子家语·致思》及《辩政》称：“子路为蒲宰，备水灾，与其民修沟渎”，经过三年经营，“田畴尽易，草莱甚辟，沟洫深治”。可见春秋时一些地方开辟农田仍采用修治沟洫的办法，这是前代辟治农田方法的继续。因此《周礼》所载规格化的沟洫工程是存在的，但不是广布于原野之上，而是分布于一些典型的井田区中，其规模也不会很大。但从技术方面来看，已达到当时社会制度和经济条件下相当高的技术水平。

三、沟洫制及其技术的社会影响

夏、商、西周时期农田沟洫的出现和沟洫制度的形成，其产生的社会影响是多方面的。

首先，形成了与沟洫制相适应的较为普遍存在的沟洫农业。

沟洫制上文已述，是在农田中修治畎亩，并开挖大小配套沟渠系统。因此，与



沟洫制相配套的沟洫农业不同于原始的撂荒农业，其特点是注重农田的疆理，修治畎亩农田结构，采用垄作、耦耕、条播、中耕技术。据先秦古籍记载，畎与亩总是联系在一起的。亩是在修筑农田沟洫时产生的。《国语·周语》韦昭注“畎亩”时说：“下曰畎，高曰亩。亩，垄也。”《庄子让王》司马彪注：“垄上曰亩，下曰畎。”“畎亩”是当时农田的基本形式，甚至成为当时农田的代称。① 大禹“尽力乎沟洫”，已有了畎亩，到西周时畎亩形成了一定的规格，农田通过疆理，大量修沟作垄，沟洫制也达到兴盛。《诗·小雅·信南山》说：“我疆我理，南东其亩。”将垄修成南北向或东西向，庄稼种在垄上，用畎排水，表明是在低田上进行生产。《诗经》中“俶载南亩”的记载多次出现，说明黄河中下游地区垄作较为普遍。在挖掘沟洫的时候，由于使用的是耒耜工具，刃部较窄，不易单独翻起较大的土块，这就有了耦耕，两人合作用耜并耕成为当时流行的操作方式，并推广到其他农活中去。因此，耒耜、耦耕和沟洫系统成为这阶段农业的突出标志。与垄作相连，条播也出现了。《诗·大雅·生民》：“艺之荏菽，荏菽旆旆，禾役穟穟。”毛诗：“役，列也。”“禾役”，禾苗成行例。“穟”是通达的意思。这首诗反映的是西周时的情况，说明西周时已实行条播了。条播的推行有利于中耕除草，西周时还产生了专门用于中耕的青铜农具钱和镈，进行耘、耔作业。由于沟洫农业对农田进行了较好的治理，能防御一定的涝旱，土地生产能力有了提高，耕作制由原来长时期的撂荒耕作制，进步为短时期的轮荒耕作制，这时出现的“菑、新、畬”耕作制，即是当时典型的轮荒耕作制，耕地休闲期只有二年左右。

由于沟洫制度和沟洫农业的实行，有利于改善农田的不利环境条件，促进黄河中下游平原农地的开发，推动农业技术水平的进步，从而提高了土地的利用率，因此，农作物的产量有了增加。《诗经》中一些诗篇即反映当时农业生产丰收的景象。如《小雅·楚茨》：“我黍与与，我稷翼翼，我仓既盈，我庾维亿。”《小雅·信南山》：“既霑既足，生我百谷。疆场翼翼，黍稷或或。曾孙之穑，以为酒食。”《小雅·甫田》：“曾孙之稼，如茨如梁；曾孙之庾，如坻如京。乃求千斯仓，乃求万斯箱。黍稷稻粱，农夫之庆。”《周颂·丰年》：“丰年多黍多稌，亦有高廪，万亿及秭。”农业生产取得如此进步，这与沟洫制的施行，从而形成沟洫农业是分不开的。

沟洫制对后代农业耕作方法也产生影响。春秋战国时期，由沟洫制产生的垄作法又有发展。《吕氏春秋·任地》篇说：“上田弃亩，下田弃畎。”这种“畎亩法”，其田间布置仍为畎亩相间，宽度各为一尺。所说上田是高旱的田，下田是下湿的田。“上田弃亩”，是把庄稼种在畎内，依靠垄沟抗旱保墒，“下田弃畎”是把庄稼种在亩上，用畎排水防涝。由此可见，其沟垄耕作方式不仅应用于低田地区，还有了发展，应用到高田地区，形成低畎垄作法。所以《吕氏春秋》的“畎亩法”采用垄作的土地范围更广，在技术上比西周时以排涝为主的垄作法有了进步，这一进步可看作是与沟洫制相配合的“垄作法”的继承和发展。

第二，沟洫制与井田制相互结合，形成井田沟洫制。

沟洫制对社会制度方面有重大影响，其中对土地制度——井田制影响最大。商

---

① 《国语》以“畎亩之人”代表农民，以“畎亩之勤”代表农事。



周时农村公社家庭实行定期分配土地的制度，甲骨文中的田家，既是被沟洫所分割后的农田形象，也是因分配土地的需要而对农田进行划分的反映。《周礼·地官·遂人》说："以岁时稽其人民而授之田野。"这段话实际就如恩格斯所说，"把土地分配给单个家庭并定期实行重新分配"[38]。所授的土地要进行疆理。清代程瑶田说："疆之以成井，所以别夫也，理之以成亩，所以为畎也。"故我国先秦古籍中所记井田常与沟洫相伴。《周礼·地官·大司徒》说："凡造都鄙，制其地域而封沟之。"《小司徒》说："乃经土地而井牧其田野。九夫为井，四井为邑，四邑为丘，四丘为甸，四甸为县，四县为都。以任地事，而令贡赋凡税敛之事。"《大司徒》、《小司徒》中的疆土授田制与《匠人》中的沟洫系统相配合，实行"九夫为井"的井田制。《遂人》中的沟洫系统，称"十夫有沟"，与匠人有异，实行百亩、千亩的授田制，仍是与疆土授田制相配合的。这些反映了不同地区的井田制情况。

沟洫制与井田制的结合，是当时奴隶制国家（包括诸侯国）职能的体现。要在农田中布置成套的井田沟洫系统，不是少数人和个别村社所能从事的，需要国家组织力量进行。西周时组织的集体劳动规模很大。《诗·周颂·载芟》"千耦其耘，徂隰徂畛"，《诗·周颂·噫嘻》"亦服尔耕，十千维耦"，有成千上万人一起从事农事活动。沟洫的修建与整治，由国家设官负责。《尚书大传》说："沟渎雍遏，水为民害，则责之司空。"上述负责沟洫的遂人、匠人、稻人等也皆为国家官吏，而疆土授田施行井田制也属于国家的职能，故大司徒、小司徒、遂人等同时职掌疆土和沟洫工作，只是分管的地区不同而已。

第三，沟洫水利技术在后世不断得到继承和发展。

夏、商、西周时期的水利以沟洫水利为主要特征。沟洫水利修建于平原低地上，主要起排除水潦的作用。由于其规模较小（与后代相比），功能有一定的局限性，沟洫系统又与井田制度相结合，所以春秋战国之际，井田制度废除，灌溉农业兴起，与其相关联的沟洫制度也跟着破坏了。《事物纪原·利源调度部·水利》说："井田废，沟洫堙，水利（指农田灌溉）所以作也，本起于魏李悝。"沟洫制度虽然破坏了，但沟洫水利技术却在以后不断地得到继承和发展，后代多称平原农田中的排水系统为"沟洫"①。

在黄河下游平原地区，通过平挖沟洫，筑成畦田、条田或台田，分别成为"沟洫畦田"、"沟洫条田"和"沟洫台田"，以借助沟洫排降田间涝渍水，并达到治理盐碱的目的。明代天津沿海一带修筑的沟洫台田大、中、小沟配套，既能蓄淡，又能灌排洗盐及降低地下水位[39]。其后此法又推广到华北平原的重盐碱地区。

在长江下游的太湖平原，唐代时大量开挖沟渠，求"遂氏"治野之法，修"稻人"稼穑之政，形成"畎距于沟，沟达于川……浩浩其流，乃与湖连。上则有涂，中亦有船"的沟洫系统[40]。可见沟洫水利技术并没有消失，从后代平原排水工程系统中多少能窥知其部分的内涵。当然后代的沟洫不是三代时的简单重复，而是有了许多的发展，但其渊源则可推到遥远的古代。

---

① 班固《汉书》列有"沟洫志"，是指所有水利工程而言。程瑶田认为班固《汉书》将《史记》"河渠书"改为"沟洫志"是"名不得其正"。后代多称平原农田中的排水系统为"沟洫"。



第三节 《诗经》中反映的农田灌溉及技术

夏、商、西周时期的活动中心在黄河中下游地区，该地区的农田水利以排水除涝的沟洫水利占主导。然而黄河中下游地区的气候时常春旱秋涝，涝中有旱，涝旱交替，旱地沟洫虽也可容水，起湿润土壤的部分功效，但不能引水灌溉，满足干旱时作物对水分的需求，而且西周以后北方气候也渐趋向干凉。因此，当时主要种植耐旱的黍稷等作物，但在水源条件较好的地方，灌溉水利也渐出现。

“负水浇稼”大约是最早出现的一种灌溉方法。相传商代时创始的抗旱区田已采用此种灌溉方法。我国汉代的农书《氾胜之书》说：“昔汤有旱灾，伊尹为区田，教民粪种，负水浇稼，收至亩百石。”但这只是一种传说，西周时才有了人工灌溉的明确记载，这在《诗经》的《大雅》、《小雅》等篇中有所反映。《大雅》、《小雅》都是西周时作的诗篇。

《大雅·公刘》记载，后稷的曾孙公刘迁豳以后，努力进行农田的整治规划，“笃公刘！既溥既长，既景乃冈，相其阴阳，观其流泉，其军三单，度其隰原，彻田为粮”。从“观其流泉”、“度其隰原”来看，可能已将流泉用于农田灌溉。后人继续采用这一方法。

《小雅·黍苗》载：“肃肃谢功，召伯营之……原隰既平，泉流既清。”这首诗叙述周宣王命召伯为申伯经营谢邑，相其原隰之宜，通其水泉之利。“原”是高平的地方，“隰”是下湿的地方。西汉毛亨注：“土治曰平，水治曰清。”即土地整治好叫平，泉流治理好叫清，可见已经注意到灌溉水利。谢在今河南南阳附近，召伯的经营当运用了关中的水利技术。

《小雅·白华》：“滮池北流，浸彼稻田。”据东汉人郑玄等考证，滮池位于渭水支流滮水的上源，在今西安市西北，滮水从南向北流，入于渭水。“浸”是灌溉的意思。“浸彼稻田”当是用滮池水灌溉稻田，这是很明确的。西周后北方水稻种植又有扩展，在《诗经》中有多处记载。《小雅·甫田》“黍稷稻粱，农夫之庆”。《周颂·丰年》“丰年多黍、多稌”。“稌”是稻的别种。《豳风·七月》“十月获稻，为此春酒”。《鲁颂·閟宫》“有稷有黍，有稻有秬”。《唐风·鸨羽》“王事靡盬，不能艺稻粱”。《小雅》、《周颂》反映的地区在今西安一带，豳在今陕西旬邑县西南，鲁在今山东曲阜，唐在今山西翼城县。北方因气候干燥，种植水稻要有相应的灌溉设施，所以这些地区的灌溉水利都应有所发展。

《大雅·泂酌》：“泂酌彼行潦，挹彼注兹，可以濯溉。”“濯”是洗涤，“溉”是灌溉，“挹”是以容器酌水。“挹彼注兹”是用容器舀水入农田灌溉。

又《诗·陈风·泽陂》：“彼泽之陂，有蒲与荷。”西汉毛亨注：“陂，泽障也。”泽畔修筑障水堤岸，可以防洪，也可利用蓄水溉田。《诗·邶风·泉水》：“我思肥泉。”毛亨注：“所出同，所归异，为肥泉。”泉水从一源流出后，下流分为数支，流向不同地方。《释名》：“本同出时所浸润，水少所归，枝散而多，似肥者也。”即是此意。所以“肥”应有沃田的意思。邶国（今河南汤阴东南北城镇）位于太行山以东，其时已注意肥泉，很可能用之于灌溉。《陈风》、《邶风》诗虽然



作于春秋之时，但泽陂、肥泉应早就有了。

以上数首诗讲到了四种灌溉的技术方法：

一是利用泉水自流灌溉。诗中所述的地区，如关中山麓、南阳盆地和太行山麓泉水都较丰富。泉水一般皆发源于山麓地带，所处地势较高，可以自流灌溉。泉水的流量又比较稳定，即使干旱期间也有汩汩泉流，可以用来抗旱灌溉。

二是蓄水和引水相结合自流灌溉。如滮池是蓄水池，池水通过渠道引入稻田灌溉。因滮池是滮水之源，位置较高，故而能自流灌溉。

三是提水灌溉。利用容器“挹彼注此”，“负水浇稼”，这应是当时常用的一种灌溉方法。

四是修筑陂池，蓄水灌溉。《诗经》中的陈国位置，《汉书·地理志》谓在淮阳（今河南淮阳县），位于黄淮平原上。这一带后世陂塘灌溉发达，西周时当已创灌溉之始。

这些灌溉方法，以就地利用自然水资源为主，除稻田灌溉工程有一定的规模外，其余人为的工程不多，灌溉面积也有限。《诗经》中的史料，治古史的人认为最为真实，因为这些有关农田灌溉的史料是当时现实状况的反映。总的来说，我国直到西周时代，灌溉工程技术还处于初创阶段。这是由于当时生产工具的简陋，广大劳动者又被束缚在井田制下，生产积极性受抑制，生产规模狭小，这些都限制了大规模农田灌溉工程的出现。

参考文献

〔1〕游修龄：《对河姆渡遗址第四文化层出土稻谷和骨耜的几点看法》，《文物》1976 年第 8 期。

〔2〕范毓周：《江南地区的史前农业》，《中国农史》1995 年第 2 期。下文出处同此。

〔3〕黄渭金：《河姆渡文化“骨耜”新探》，《文物》1996 年第 1 期。

〔4〕牟永抗、宋兆麟：《江浙的石犁和破土器》，《农业考古》1981 年第 2 期。下文“拖刀”出处同此。

〔5〕浙江省文管会：《吴兴钱山漾遗址等一、二次发掘报告》，《考古学报》1960 年第 2 期。

〔6〕梅福根：《浙江吴兴邱城遗址发掘简介》，《考古》1959 年第 9 期。

〔7〕浙江省文物管理委员会：《杭州水田畈遗址发掘报告》，《考古学报》1960 年第 2 期。

〔8〕宇田津彻郎等：《中国的水田遗构探查》，《农业考古》1998 年第 1 期。

〔9〕湖南省文物考古研究所：《澧县城头山古城址 1997～1998 年度发掘简报》，《文物》1999 年第 6 期。

〔10〕夏玮瑛：《诗经中有关农事章句的解释》，农业出版社，1981 年。

〔11〕胡厚宣：《气候变迁与殷代气候之检讨》，载《甲骨学商史论丛》二集下册，1944 年。

〔12〕董作宾：《再谈殷代气候》，《华西大学中国文化研究所集刊》第五卷，1946 年。

〔13〕《西安半坡》，文物出版社，1963 年；《1972 年春临潼姜寨遗址发掘简报》，《考古》1973 年第 3 期；《磁县下潘汪遗址发掘报告》，《考古学报》1975 年第 1 期。

〔14〕《磁县下潘汪遗址发掘报告》，《考古学报》1975 年第 1 期。

〔15〕《河北邯郸涧沟村古遗址发掘简报》，《考古》1961 年第 4 期。

〔16〕《洛阳矬李遗址发掘简报》，《考古》1978 年第 1 期。



〔17〕《甲骨文编》卷十三·九，第522页。
〔18〕董作宾：《小屯、殷墟文字乙编》1155、2044。
〔19〕张政烺：《卜辞裒田及其相关诸问题》，《考古学报》1973年第1期。
〔20〕《殷墟文字缀合》136。
〔21〕《铁云藏龟》2，14，12。
〔22〕彭林：《释巜》，《考古》，1985年第8期。
〔23〕江西省博物馆等：《江西清江吴城商代遗址发掘简报》，《文物》1975年第7期。
〔24〕《甲骨文编》第525~526页。
〔25〕《殷墟书契续编》2，28，5。
〔26〕陈文华：《劦田新解》，《农业考古》1988年第2期。
〔27〕石璋如：《殷墟最近之重要发现附论小屯地层》，《中国考古学报》1947年，第2期。
〔28〕《1958~1959年殷墟发掘简报》，《考古》1961年第2期。
〔29〕许顺湛：《灿烂的郑州商代文化》，河南人民出版社，1957年。
〔30〕《史记》卷四《周本纪》。
〔31〕清·胡渭：《禹贡锥指》。
〔32〕清·程瑶田：《畎浍异同考》，载《皇清经解》卷五四一。
〔33〕1980年6月16日《参考消息》。
〔34〕R·E. W. Adams："古代玛雅诸城市的位置和沟渠、沼泽"（Canal，Swamps and the locations of Ancient Maya cities），《Antiquity》54（1980）第206~214页。引自孔令平《玛雅文明的农业》，《农业考古》1983年第2期。
〔35〕顾音海：《从卜辞地名看商代的耕田规模》，《农业考古》1988年第2期。
〔36〕详见邹逸麟主编：《黄淮海平原历史地理》，安徽教育出版社，1993年，第280~282页。
〔37〕《左传·襄公十年》。
〔38〕《马克思恩格斯全集》第21卷，人民出版社，1958年，第159页。
〔39〕明·袁黄：《宝坻劝农书·田制第三》。
〔40〕唐·李翰：《苏州嘉兴屯田纪绩颂》，《全唐文》卷四三〇。



第三章
凿井技术

凿井开发和利用地下水，可扩大水资源的利用范围，使人们摆脱单纯依赖河流湖泊等地表水的状况，扩大生活和生产的地域。而且井水比较清洁，水质优良；井水和地下水通连，不易枯竭。故《周易·井》谓："井养而不穷也。"我国古代人民很早就认识到利用井水的好处，凿井开发地下水了。据文献记载和考古发现，我国水井起源于距今五六千年的新石器时代，到商、周时期已出现井灌的萌芽。这阶段人们已能开凿木构井、土井、竹圈井和砌石井，使用木垂球控制井的垂直度，设置滤水结构澄清水质等，表明当时凿井技术已达到一定的水平了。

第一节　水井的起源和发展

一、水井起源的社会原因

人类的生活离不开水。在漫长的旧石器时代，人们过着采集、渔猎的生活，依山傍水，穴居野处，以河流湖泊及泉水满足自身生存的需要。新石器早期，出现了原始农业，但此时为火（刀）耕农业阶段，人们经常迁徙，此时期还没有凿井的需要。新石器中期，原始农业发展到锄（耜）耕农业阶段，耕地相对固定，农作物产量有所提高，人们建造村落定居下来，住处一般选择在近于河流的岸上。但傍水而居，限制了耕地的进一步扩大及对自然资源的开发利用，而且人们还常受河水泛滥和水源干涸的威胁。之后，随着人口的增加，农业和手工业等的发展，人类生产和生活逐渐移向平原地区。考古资料证实，仅陕西关中地区就发现仰韶遗址500多处，有的地方几乎和现在的村落密度相等[1]。由于生活和生产范围的扩大，在远离河湖的地方，为了解决生活和生产用水，凿井寻取水源就成为必要之事。由于生产工具和技术水平的提高，也有可能开挖原始的水井，即将水坑逐步加深，并进行加固，达到汲取地下水的目的。这一史实在文献记载和考古发掘中都有所反映。

二、水井起源的传说

据古籍记载，传说凿井最早起始于黄帝时期。《周书》载："黄帝穿井。"[2]《初学记》引《世本》称："黄帝见百物，始穿井。"① 黄帝存在于神农氏之后。《周易·系辞》说："神农氏没，黄帝、尧、舜氏作。"据《竹书纪年》记载推算，黄帝大约生活在距今5 000年左右。黄帝时期农业已进入锄耕农业阶段。《史记·五帝本纪》称黄帝"治五气，艺五种"，"时播百谷草木，淳化鸟兽虫蛾"。由于生产的发展，黄帝部落发展很快，他们从陕北的丘陵山地向黄河下游平原发展。《史记·五帝本纪》载：黄帝"邑于涿鹿之阿"。张守节《正义》释："广平曰阿……即黄帝所都之邑于山下平地。"当时一方面开发平原沼泽地带；另一方面为解

① 今本《世本》无此记载。



决居住地的生活和生产用水，“始穿井”。据考古发现，相当于黄帝时期人们已能开挖2～3米深的水沟，以及数米深的窖穴（灰坑）储藏粮食[3]。既然能挖坑储粮食，也会挖坑于雨季蓄水，成为“旱井”。在挖掘中有些地方水位较浅，就会渗出地下水来，这就启发人们尝试开挖水井。同时，人们已会建造圆形和方形的房子，及“干栏式”住房，这些土木建筑技术可用于修造水井。所以传说黄帝时期穿井是有可能的。

之后，更有虞舜“穿井”的传说，故事记载于《孟子·万章上》和《史记·五帝本纪》等史籍中。帮助大禹治水的伯益，也积极倡导凿井。《世本·作篇》①、《吕氏春秋·勿躬》、《淮南子·本经训》等不少文献都载有“伯益作井”的传说，表明凿井已增多起来。这时水井主要为生活提供用水，亦用之于制陶业等生产用水，似还未用于农田灌溉。

据考古资料，商代时居住地凿井已多，西周时凿井已很普遍。《周易》六十四卦中列有井卦，说明井是习见之物。《周易·井》称：“改邑不改井。”孔颖达《正义》解为“此明井体有常，邑虽迁移，而井体无改，改云改邑不改井也”。其时井的形体已固定。凿井的普遍，利用井水浇灌当有一定的发展。《周易·井》讲到提取井水的工具有瓶、瓮等陶器。

三、考古发掘所见的水井

新中国成立以来，在田野考古中，已发现一些新石器中、晚期的水井。

目前发现最早的原始水井，见于长江下游浙江余姚河姆渡遗址第二文化层，年代距今6 000年左右[4]。井的结构为方形木构水井，井底距当时地表约1.35米，是由水坑加深加固而成的水井。发掘者推测，水井原先可能是一个天然的或人工开挖的锅底形水坑，在雨季坑里积满了水，日常人们就在水坑边取水，随着旱季的到来，坑中水位逐渐降低，人们为了取水，不断在坑内垫石到坑中取水。在大旱季节，有时坑内水源接近枯竭，人们为了解决用水，在原先的水坑中部挖一竖井[5]。故而这一水井是从积蓄地表水防旱开始，之后再挖深利用地下水的。这种储水井坑在太湖流域嘉兴罗家角遗址第三、四层也有发现，发掘的42个灰坑中，有两个坑深2米多，已达潜水位以下，两坑皆出盛水陶罐[6]。之后，人们就直接挖掘水井。如1987年，上海青浦县崧泽遗址第三文化层发现马家滨文化水井两座[7]，距今5 700年以上，井口的圆形不很规整，深2米左右。到距今5 000年的崧泽时期，在江苏吴县澄湖、上海松江汤庙村发现了属于崧泽文化的水井数以百计，从已清理的水井看，口径均在一米左右，井壁平直，原来深度估计有1.5～2.5米。到距今四五千年的良渚文化时期已发现有木井圈的水井。

中原地区的水井，可能在仰韶文化时期就已出现，虽然未直接发掘出水井遗址，但各地仰韶文化遗址出土了各式小口“尖底瓶”。如陕西西安半坡、宝鸡北首岭、华县元君庙和横阵村、华阴泉护村、临潼姜寨、渭南史家、河南洛阳王湾、陕县庙底沟、郑州大河村、甘肃肃安大地湾、山西芮城东庄村、湖北郧县大寺等仰韶

---

① 此《世本》为清代孙冯翼集本，其注曰：“益”，原本作“夷”，《初学记》作“伯益”，《御览》亦作“益”，据改。见《〈世本〉八种》，商务印书馆，1957年。



文化的遗址或地层中都有出土，成为这一时期普遍存在的典型器物。这种小口尖底瓶，即古书中称之为“欹器”者。① 这种陶瓶是一种汲水灌溉的器具。北方农业在依靠天然降雨——“雨灌”之后，井灌出现之前，应存在一个“器灌”农业阶段[8]。仰韶时期人们或还未正规凿井，但能掘地穴以储雨水，从这种“旱井”中用瓮之类的陶器汲水灌溉农作物，或是从江河、湖池汲水进行器灌。即使在井灌已有发展的春秋时期，开始时桔槔还未普及，人们井灌仍采用“凿隧而入井，抱瓮而出灌”[9]；“抱甀而汲”[10]的方式。所以“器灌”是从“雨灌”向“井灌”的过渡阶段。欹器的使用很是巧妙。《荀子·宥坐》篇说：欹器“虚则欹（亦作攲），中则正，满则覆”。观察半坡类型小口尖底瓶，发现大部分陶瓶的双耳均在陶瓶最大直径稍偏下的位置，两耳的间距也不相等，于是就造成陶瓶不稳定的倾覆状态。由于陶瓶双耳位置偏下，当人们提起系于双耳的绳子时，立即造成陶瓶重心前倾状态，此时称为“欹”，注水于陶瓶，当水呈半满时，重心下垂，瓶保持直立状，此时称为“正”，注水至满后，陶瓶重心上升到罐耳以上，很易倾覆，瓶口向下水淌出，此称为“覆”。水淌完后，有的陶瓶还能自然恢复其空瓶时的“欹”状。见下页图1－3－1－1。这种欹器利用了重心原理，构思巧妙。经过试验，发现提着绳子汲水的方法不能奏效，水难进，满则覆。故汲水时只能“抱甀而汲”，满后则“抱瓮而出”，因此其汲水的地点可能限制在蓄水的窖穴之中。浇灌时因欹器口小，出水水量小，不仅浇得准，而且浇的地段长。根据实验，“用一个盛装六千多毫升水的欹器边走边浇，可浇六七米长的一段地，欹器可自动倾翻，颇为省力”[11]。这种用尖底瓶汲取窖穴水灌溉与凿井灌溉已很接近了，因为如果窖穴较深，达地下水位以下，则已是井的雏形了，吸取的即是地下水。

中原地区已发现的水井，最早见于河南汤阴白营龙山文化早期的地层中，距今4 500年左右，是一口井字形的木构水井，井深达11米[12]。而圆形水井在河北邯郸涧沟龙山文化遗址也已发现，有圆形水井两口，井径2米，深7米左右[13]。附近有陶窑，井边有沟渠遗迹，表明水井不仅供生活用水，还供手工业生产之用。在洛阳矬李遗址第三文化层，年代属龙山文化晚期，也发现圆形水井一座，口径1.6米，深至6.10米处见水。井身上宽下窄，以防倒塌[14]。

夏、商、西周时期，水井的开凿利用逐步普及，在长江和黄河流域的遗址中发现的水井很多。夏代水井：在河南渑池县郑窑二里头文化遗址、偃师县二里头遗址晚期地层、山西夏县东下冯二里头文化遗址都有土井发现[15]。商代水井：河北省藁城县台西村商代遗址先后发现土井六座[16]，都有木质井盘。江西发现多处商代水井，如九江县神墩遗址、德安县石灰山和陈家墩遗址发现了多口圆形竖穴水井[17]。西周水井：陕西长安张家坡西周遗址发现土井八座，井的形状有长方形和椭圆形两种[18]，井深在九米以上，井壁有对称脚窝。山东兖州西吴寺遗址发现西周土井三座[19]。口部平面形状有椭圆形和长方形两种，剖面呈直筒状，随着深度

① 仰韶文化诸遗址出土的“小口尖底瓶”，形式各异。从目前国内的研究来看，多数认为仰韶文化的尖底瓶就是欹器。见张颔《尖底中耳瓶和“欹器”的关系》，《山西师范学院学报》1958年第1期；孙霄《欹器与尖底瓶考略》，《文博》1990年第4期。也有人认为“尖底瓶后经过修改”又作为一种欹器出现，见戴念祖《中国古代的力学知识》，载《中国古代科技成就》，中国青年出版社，1978年，第142页。



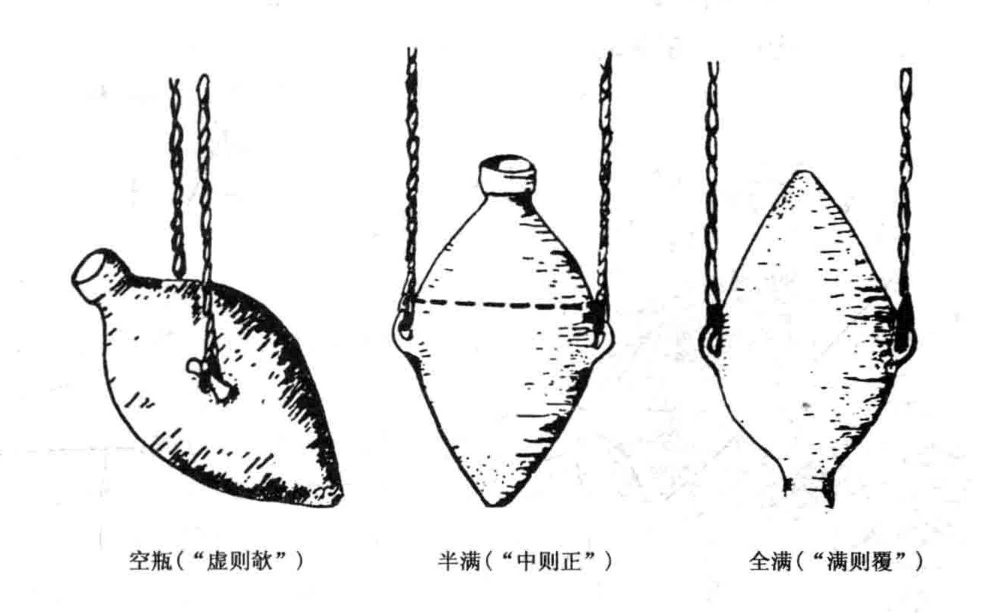


图 1-3-1-1　尖底瓶使用的状态

逐步内收。

根据以上文献记载和考古发现，可知人工凿井在距今五六千年时首先出现在长江流域，之后黄河流域也开凿水井。起初主要供生活用水及手工业用水。商、周时期凿井在南北方已经较为普遍，可能已利用井水灌溉农田。在开凿水井的过程中，人们逐步开凿出多种类型的水井，使凿井技术有了初步发展。

第二节　凿井技术

新石器时期至西周时期的水井，按其结构可以分为木构井、土井、竹圈井、砌石井四种类型，现根据考古资料将各类井的结构及凿井技术阐述分析如下：

一、木构井

木构井在南、北方皆有发现，而南方出现更早些。木构井依其结构的不同，又可分为搭叠型和木筒型两种。

搭叠型木构井最早见于余姚县河姆渡遗址第二文化层[5]。它由 200 余根桩木、长圆木组成。分内外两个部分，外围是一圈近圆形的栅栏桩，直径约 6 米，面积约 28 平方米。里面是一个方形竖井，边长约 2 米，面积约 4 平方米。井底距当时地表约 1.35 米。

栅栏桩共 28 根，排列成近似圆形的平面，桩距不甚匀称，西、南、东北部有缺桩，桩径一般约 0.05 米，垂直入土约一米，最深达 1.42 米。栅栏桩范围内，有 16 根平卧的长圆木构件，长约 1.96 ~ 2.6 米，直径 0.15 ~ 0.18 米，出土时架成一个近方形的平面。其中六根的一端有一个丫叉，一根的一端有一个十字形的斗口。

在上述 16 根长圆木以下，有四排垂直入土的桩木，两者套合在一起，组成一个近方形的竖井，它位于近圆形栅栏范围的中心稍偏西北处。每排桩木的数量21 ~ 40 根不等，桩径约 0.06 米，排列紧密，彼此大体平行。转角处的桩木较粗。四排桩木的内侧又各紧贴一根圆木或半圆木，互相套接成一个方框，其中南北两根为直径



0.17 米的半圆木，其两端各有一个 0.13 米 ×0.18 米的卯眼。东西两根为圆木，两头有榫，出土时榫头还紧楔在南北两根半圆木的卯眼内。见图1－3－2－1。

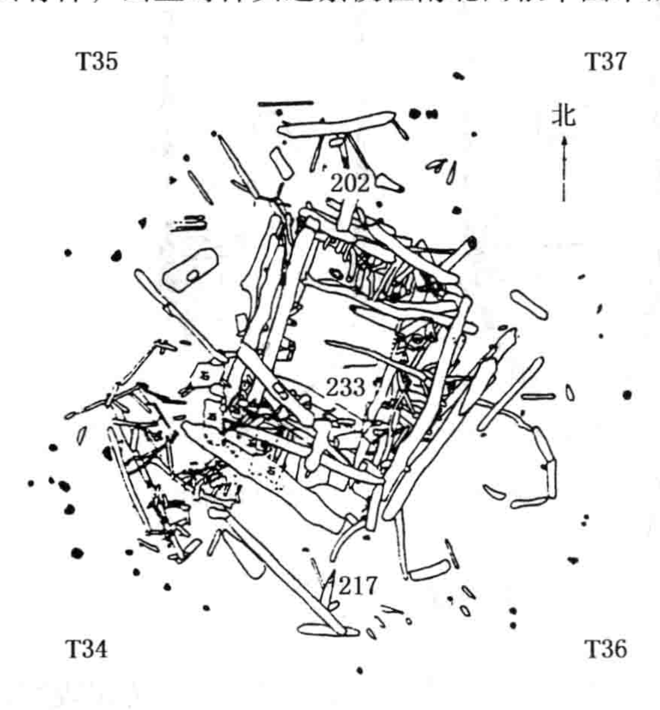


图 1－3－2－1　河姆渡遗址水井平面图

（选自《考古学报》1978 年第 1 期）

从外围的一圈栅栏，呈辐射状的小长圆木，以及苇席残片等出土情况来看，水井上应盖有简单的井亭。

当时建造水井的方法，是在原有的水坑中部，先打入四排桩木，组成一个方形的桩木墙，然后将排桩内的泥土挖去。为了防止排桩向里倾倒，再在排桩之内顶套一个方框，排桩之上的 16 根长圆木，很可能是构成井口井架，或为了加固井口而设置的构件。

此井边长约 2 米，不深，才 1.35 米，挖土工程量不大，这与当地地下水位较浅有关。但该井四壁垂直打入密集的排桩，加固用的方木框采用了榫卯结构，此技术与河姆渡遗址第四层发现的木构“干栏式”住房的建筑技术一脉相承，体现了较高的施工技能。

黄河流域的木构井，见于河南省汤阴县白营龙山文化的早期遗址，是一口井字形木构水井[12]。井口距地表 2.65 米，略成正方圆角形。其井口部分两层，大井口南北长 5.8 米，东西宽 5.6 米；向下 0.55 米为小井口，南北长 3.8 米，东西宽 3.6 米。井上部的四壁向外倾斜，下部较直，口大底小。井四壁用圆木棍自下而上一层层垒筑而成，呈井字形。木棍为带皮的自然圆木，粗 0.08～0.12 米，约 0.15 米叠压一层。木棍上部长，向下逐渐减短。井字形木架的十字交叉处有榫，南北向木棍的榫扣入东西向木棍的榫，榫外至生土壁相距约 0.4 米，其间用黄土填实。井深 11 米，叠压的木架共有 46 层之多。见下页图 1－3－2－2。最底下的一层架在胶泥土上，井底南北长 1.2 米，东西宽 1.1 米。推测其凿井的过程是：先挖土到适合的深度，而后进行井内的木构工程，自下而上垒叠圆木棍，形成井字形的木构件，并用黄土填实木架与土壁间的空隙。最后修筑大井口及大井口东边的台阶，以方便人们取水，这口木构井比河姆渡遗址的木构井大得多，也深得多，说明凿井技术水平有了提高，显示了当时的土木工程技术、测量技术等达到的水平。

山西襄汾陶寺龙山文化遗址的早、中期亦各发现一口这类水井[20]。早期的井口作圆形，口径 3 米以上，深 13～15 米。底部呈锅底状，近底部保存有残高 1.60 米的木构痕迹，木构系圆木搭叠，平面近方形，中期的那口井，形制、口径、深度与早期水井近似，只是井内木构略有不同，新增了立桩，使木框架更牢固。木构残高 3 米。这种只架设于井筒下部，略高于当时水面的木框结构，与全木构水井相



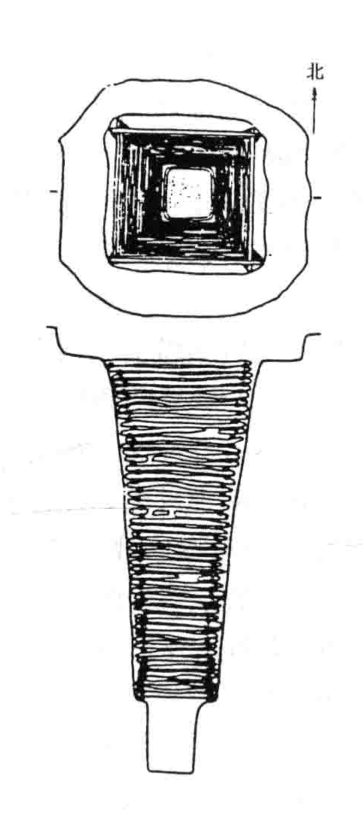


图1-3-2-2　汤阴白营龙山遗址水井图

（选自《考古》1980年第3期）

比，作用相同，但节省了木材和劳力。

原始水井中以木构井出现为早，汉字中的“井”字，当渊源于此种木构井。如甲骨文“井”字，《甲骨文编》解“井”字：“像井栏两根直木两根横木相交之形。”

木筒型水井在太湖地区的昆山太史淀、嘉善新港等地良渚文化遗址中皆有发现。昆山太史淀发现的三座水井[21]，是在预先挖好的小竖穴圆形土井中，用四五块长约2米的弧形木板接合成木圈的。这种弧形木板是将大树干剖开，去皮刳空内心制成的，每块木块的中间有一个小圆孔，可用绳索捆扎。嘉善新港发现木筒型水井一座[22]。木筒系用圆木剖为两半，挖空内心后用长榫卯合而成。木筒断面呈椭圆形，南北直径0.63米，东西直径0.45米，残长1.63米，壁厚0.05米。木筒上还有数个小孔，估计是作穿绳绑扎用的。木筒底部，榫和卯孔都留有石器加工痕迹。井底垫一层10厘米的河蚬贝壳，以净化水质。

二、土井

新石器时期至夏、商、西周时期发现的水井以土井最多，井口多呈圆形，也有椭圆形和长方形的井。

最早的有上海青浦县崧泽遗址第三层发现的马家浜文化土井两座[7]。一井呈椭圆形，直径0.67~0.75米，井体为直筒形，深2.26米，壁平滑，中下部为不规则的圆形，向下斜收成圆底。另一井口呈不规则的圆形，直径1.6~1.7米，井为口大底小的斗形，深1.7米。又吴县澄湖发现不同时期、不同类型的水井150座，其中大量是崧泽文化、良渚文化时期的土井，估计原来深1.5~2.5米，有些水井中发现有汲水器。

黄河流域早期的土井，出现在龙山文化时期。在河北邯郸市涧沟龙山文化遗址，发现圆形水井两座[13]，口径2米，深7米余。水井皆靠近陶窑，井边有沟渠遗迹。在一口井的底部发现半完整的陶壶、瓶、罐等容器50余件，残破者近百件，多在颈部残缺，很像是汲水而沉落井底的。在山东兖州西吴寺遗址龙山文化层发现水井三座[19]。形制不尽相同，第一井（J_{10}）为圆口，口径2.5米，井深5.1米，在深2米处直径缩至1.6米，井底直径0.9米；第二井（J_{4002}）口呈长方形，长2.2米，宽1.6米，距地表0.9米。第三井（J_{4001}）平面呈圆形，口大底小，口径1.56米，底径1.1米，深4.5米。在河南洛阳锉李遗址第三文化层（龙山文化晚期）发现水井一座[14]，井口圆形，口径1.6米，深6.1米见水。井上部较粗，至4.75米深处收缩为直径0.8米。在河南临汝煤山遗址第一期文化层（龙山文化晚期）



发现水井两座[23]，分别坐落在两座陶窑附近。第一井（J_1）口椭圆，东西径3米，南北径2.75米，井口以下逐渐缩小，未清到底。第二井（J_2）口椭圆，东西径1.5米，南北径1.25米，井口向下一米见水，清至2.50米仍不见底。

新石器时期的土井形状不定，有圆形、椭圆形及长方形等，一般上部井口大，向下逐渐收缩，这样可以防止井壁坍塌。长江流域的井较浅，而黄河流域的井都较深。

到夏、商、西周时期，凿土井技术有明显进步。如河北省藁城县台西村商代遗址，先后发现土井六座[16]，都有木质井盘。早期水井（J_2），口呈椭圆形，长1.38～1.58米，深3.7米，井底为圆角长方形，长1.46米，宽1.06米。井壁涂一层草拌泥，壁上有许多圆孔，孔内有朽木痕迹，这是涂泥时为防泥脱落，壁上打进许多小木橛的遗存。井底的木质井盘，分内外两层。内盘低于外盘，高0.24米，用两层圆木搭成井字形，四角用木桩加固井盘。外盘高0.64米，结构基本与内盘相同。晚期水井（J_1），井筒呈圆形，口径2.95米，深6.02米，井口以下4米深处向内收缩，井底直径1.7米，井底亦有井盘，每边由四或五层圆木搭叠，圆木顶端紧靠井壁。为使井盘不致移动，井盘外侧插有大小木桩30根，井盘高0.82米。井中还发现了一只扁圆形的木桶，这只木桶系由一段木瘿子掏成，口边有对称的两个方孔，用来穿绳，这是考古中发现的最早的一件提井水的木桶。

1982年江西德安县聂桥乡石灰山遗址发现商代晚期水井一口[17]。井体为圆形竖穴，上大下小，口径2.1米，深3.5米。井壁光滑，无脚窝，井底平铺一层鹅卵石。近底壁处向外斜掘三个有间距的泉眼。

1993～1994年，在江西德安县陈家墩遗址发现商、周时代水井各4口。属于商代的J_3、J_4号水井，井口浑圆，口径2.2米，井壁斜直光滑，井底呈锅底状，底径分别为1.4米和1.8米，深度均在8米上下。在这两口井内清理出觇标墩和木垂球测量工具[24]。木觇标墩一件，系用一段有开杈的圆木制成，杈凹处向下，顶端锯成平面，修整光滑。顶面居中位置上挖有0.4厘米大小的圆窝一个。墩高和直径皆为15厘米。木垂球2件，其中一件保存十分完好，形似陀螺，以一段小圆木制成，上圆下尖，圆顶平面正中心有小圆孔一个，与尖端成一垂直线。木垂球顶面径4.5厘米，高7.2厘米。这些木觇标墩和木垂球，应是当时掘井所用的定点、定位、控制垂直度的测量工具。见图1－3－2－3。



图1－3－2－3　江西德安陈家墩古井测量示意图

方法是：水井挖至一定深度后，在井口架上支撑木架，用准绳系上木垂球，测准井口中心，使垂球下放，在所掘井筒的底面上移动木觇标墩，使墩面准星与木垂球尖相吻合，以此确定圆周，修整井壁。然后移开木觇标墩下挖再测量，直至挖到潜水层以下，有一定储水为止。陈家墩出土的商代测量工具，是目前所见我国时代最早的实物测量工具，并用之于凿井实践之中。井体能够垂直、浑圆实离不开这些测量工具。



1985年，江西九江县新合乡神墩遗址发现大小水井各一口。小水井属商代晚期，为圆形竖穴土井，井体上大下小，口径0.90米、底径0.80米、井深8.25米。井底部出土有一些木棍和竹编物，大约是木构滤水设施。神墩大水井，开掘和使用年代在商代末期至西周早期，井的形制为上圆上方之漏斗状。口径东西3.3米，南北3.5米，深6.95米。从井口下斜至2.2米，井壁变直，断面呈圆角方形，边长2.40米。井底为设有二层台的方形，台子边长1.30米，宽0.20米。根据井中的遗物和残存迹象，认为“当时井底台子面似有一套滤水设施。其构筑形式是在井底方框上，有间距地架上大木棍，再用中等木棍交叉置于其上，而后用小木棍再交叉置于中型木棍上，再用藤条、篾条之类将十字交叉的木棍捆成方框架，其上覆盖两层竹席，细者在下，粗者在上。竹席上再放置比井底略小的圆篾框，框内以石块压之”[23]。以上二井井壁平滑无脚窝。见图1-3-2-4。

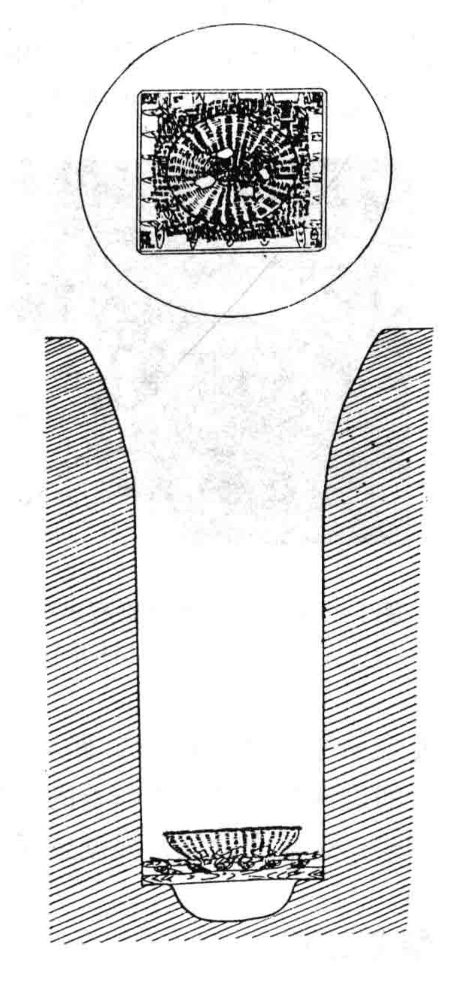


图1-3-2-4 江西九江神墩遗址西周水井图
（选自《农业考古》1987年第2期）

从以上考古发现，说明至迟在商周时期已利用木觇标墩和木垂球这些测量工具，控制井的垂直度，使井筒呈圆形。商、周时期土井中已较普遍设置井盘。井中设置井盘，既能加固井壁，又可澄清水质。井盘应是从木构井演变而来的。《周易·井》“木上有水井”，“木上”即指的是井盘。此外还采用井底铺石滤水。尤其是设置二层台架空滤水，使水的纯净度更高。这些措施说明商、周人很注意井水的水质。《周易·井》称：“井洌寒泉，食。”“洌”的意思是“洁”也。“寒泉”，清而冷者。清洁的井水，才能食用，已成为当时的共识。

三、竹圈井

竹圈井是在井壁周围箍竹片加固的一种井。1981年，上海松江县汤庙村遗址下层，发现崧泽文化晚期水井一座[24]。井体略呈直筒状，中腰微鼓，最大直径0.7米，残深二米。井壁留有芦苇印痕，呈纵向排列，间距4~5厘米。井内填土中有朽蚀的竹片。根据楚都纪南城发现的战国时期竹圈井的情况，推测此井的加固方法应与之类似，是先将芦苇作经，贴住井壁，再用竹片作纬，成圈状箍，支撑井壁。

长江中下游地区盛产竹子，竹子韧性好，不易腐朽，故而被用作加固井壁的材料。

四、砌石井

砌石井是在井壁砌一圈石块以加固的一种井。1973年在江苏省东海县焦庄西周早期遗址发现一口此结构的井[25]。水井圆形，直径0.95~1.1米，深2.8米，底部挖入生土中，井壁从下而上加砌一圈石块，石块都经挑选或初步加工，大小比



较整齐。见图1－3－2－5。该遗址发现的这种结构的井，在目前是初见。该地邻近山区，石块能就地取用。用砌石加固井壁比用木、竹材料加固更加经久耐用，滤水效果更好，使井水更清洁卫生。



图1－3－2－5　西周砌石水井
（选自《文物》1975年第8期）

总的来看，从新石器中期到西周时期，水井的形状是从占地面积较大，上方形下为锅底形的木构水井，向占地面积较小的直筒形水井发展。由于垂球等测量工具的运用，使井的形状由长方形、椭圆形、不规则圆形向浑圆方向发展。圆形水井土壁受力均匀，不易坍塌。这一阶段水井以不加衬砌的土井发现最多，因这类井最易挖掘。少部分经过加固的井，除用圆木棍搭叠成井字形加固外，有用原生木段剖为几片挖空之后拼合成木筒井圈加固。还有用芦苇与竹片编结成圈状箍支撑井壁，及用石块加砌井壁等方法。水井的深度，北方的水井普遍比南方的水井深，这是因北方地下水位深的缘故，目前发现最深的井达11米，距今4 500年。水井的滤水结构，有井底放置木质井盘的，有铺设河岘贝壳和鹅卵石的。起初凿井是用于生活用水，到商、西周时期凿井已经普遍，这就为发展井灌创造了条件。

参考文献

〔1〕中国科学院考古研究所、陕西省西安半坡博物馆：《西安半坡》，文物出版社，1963年。

〔2〕《经典释文》卷二《井卦下》。

〔3〕河北省武安县磁山遗址一二两期共清理出灰坑476个，深1～5米不等，见佟伟华：《磁山遗址的原始农业遗存及其相关问题》，《农业考古》1984年第1期。

〔4〕中国社会科学院考古研究所：《中国考古学中碳十四年代数据集，1965～1991》，文物出版社，1991年。

〔5〕浙江省文物管理委员会、浙江省博物馆：《河姆渡遗址第一期发掘报告》，《考古学报》1978年第1期，第49～51页。

〔6〕罗家角考古队：《桐乡县罗家角遗址发掘报告》，《浙江省文物考古所学刊》，文物出版社，1981年。

〔7〕上海市文物管理委员会：《1987年上海青浦县崧泽遗址的发掘》，《考古》1992年第3期。

〔8〕黄崇岳、孙霄：《原始器灌农业与欹器考》，《农业考古》1994年第1期。

〔9〕《庄子·天地篇》。

〔10〕《淮南子·汜论训》。

〔11〕孙霄：《欹器与尖底瓶考略》，《文博》1990年第4期。

〔12〕安阳地区文物管理委员会：《河南汤阴白营龙山文化遗址》，《考古》1980年第3期。

〔13〕邯郸考古队：《1957年邯郸发掘简报》，《考古》，1959年第10期。

〔14〕洛阳博物馆：《洛阳矬李遗址试掘简报》，《考古》1978年第1期。



〔15〕《渑池县郑窑二里头文化遗址》,《中国考古学年鉴》,1986 年;中国科学院考古研究所洛阳发掘队:《河南偃师二里头遗址发掘简报》,《考古》1965 年第 5 期;中国社会科学院考古研究所等:《夏县东下冯》,文物出版社,1988 年。

〔16〕河北省文物研究所编:《藁城台西商代遗址》,文物出版社,1985 年。

〔17〕诗家、柯水:《记江西近年发现的商周水井》,《农业考古》1987 年第 2 期。

〔18〕中国科学院考古研究所:《沣西发掘报告》,文物出版社,1962 年。

〔19〕国家文物局考古领队培训班:《兖州西吴寺》,文物出版社,1990 年。

〔20〕高天麟、张岱海、高炜:《龙山文化陶寺类型的年代与分期》,《史前研究》1984 年第 3 期。

〔21〕南京博物院:《太湖地区的原始文化》,《文物集刊》第 1 期,文物出版社,1980 年。

〔22〕陆耀华、朱瑞明:《浙江嘉善新港发现良渚文化木筒水井》,《文物》1984 年第 2 期。

〔23〕于少先等:《陈家墩遗址出土一批商代木器——测量工具木垂球和觇标墩为中国科学史上的一项重大发现》,《中国文物报》1994 年 3 月 27 日。

〔24〕上海市文物管理委员会:《上海松江县汤庙村遗址》,《考古》1985 年第 7 期。

〔25〕南波:《江苏省东海县焦庄古遗址》,《文物》1975 年第 8 期。



第二编
大型灌渠及陂塘技术的发展（春秋战国至南北朝）

公元前770年周平王东迁洛邑，王室衰微，诸侯纷争，我国进入春秋战国时期。这时期我国社会生产力大发展，社会制度发生大变革，农田水利亦步入一个新的发展时期，灌溉工程技术出现了飞速进步，取得了举世瞩目的成就。

从春秋时期开始我国农业生产中已使用铁器，战国时期，铁农具已广泛使用，铁犁畜耕也逐渐推广。铁器的使用促使生产力快速发展，带动了社会各项技术的进步。“铁使更大面积的农田耕作，开垦广阔的森林地区成为可能。”[1]随着耕地面积的扩大，产生了占有大量土地的新兴地主，个体农户的生产能力也得到提高，出现不少“一夫挟五口，治田百亩”的个体农户，原先农村公社的份地转为私有，劳动者的积极性得到提高，人们在“辟草莱，拓土地”时，打破了井田的亩积和经界，与沟洫制相联系的井田制，成为生产力发展的桎梏。随着土地私有化的推进，各诸侯国相继对赋税制度进行改革，于是不分公田和私田，皆“履亩而税”，承认了新兴的封建土地私有制，井田制迅速破坏，也打乱了井田上的沟洫工程。这一时期，各国为了增强实力，还推行农战政策，积极发展农业生产。此时黄河流域的农田水利，重点由低地治水，转到发展农田灌溉，以解决干旱少雨的问题。一些诸侯国调集大量财力、物力和人力，创建灌溉工程。由于水工技术的进步，水利施工中运用铁工具，大大提高了工作效率，各灌溉区相继建成，形成我国历史上第一次农田水利建设的高潮。在这一过程中，以秦国取得的水利成就最大，建成了大型灌溉工程都江堰、郑国渠等，这就为秦始皇统一中国打下坚实的经济基础。

公元前221年，秦兼并六国，结束了长期诸侯纷争的局面，建立了统一的多民族的中央集权的封建国家。汉承秦制，封建社会的政治和经济获得巩固和发展，农田水利大为发展。尤其在汉武帝时期，经过汉初的休养生息，及文、景之治，社会经济逐渐兴盛，武帝凭借这一经济基础，出于政治、军事、经济的需要，兴修了一系列灌溉工程，形成历史上第二次农田水利的建设高潮。灌溉水利开发的重点地区，是在统治中心的关中及西北边郡，促使了这些地区的旱作农业向灌溉农业发展。这一时期各种类型的灌渠相继建成，灌渠工程技术取得了重大的进步，中原的灌渠工程技术还向西北边区传播和推广。

东汉时，建都洛阳，政治重心东移，经济也向东南地区发展，农田水利便在淮河、长江流域地区逐步发展起来。东南地区地形多丘陵，此时期丘陵地区多有开发，丘陵农田易遭干旱，适于丘陵地形的蓄水陂塘工程也就发展起来，促使陂塘水利技术有了长足进步。

三国、两晋、南北朝是我国历史上分裂和争斗的时期，在长达370年中，除西晋有过短暂的统一外，皆处于南北分裂、各地割据的状态。民族矛盾和阶级矛盾尖



锐，社会动荡，战争连绵，人民惨遭杀戮，中原地区的良田大片荒芜，农业凋敝，前代经营的水利事业遭受严重破坏。各割据政权为了稳定政局和增强实力，采取一些恢复和发展农业生产的措施，北方农田水利工程有所修复和兴建，灌溉工程技术仍有进步。

由于北方战乱较多，南方相对安定，因此北方人口大量南徙，这就为南方提供了大量的劳动力和先进技术，加快了南方的开发进度。适于南方丘陵、平原和湖区等自然条件的各类灌溉工程渐次出现，为以后农田水利的进一步发展打下了较好的基础。这时开发的地区以丘陵、高亢平原为主，故而适于该类地形的陂塘工程兴建最多，技术上也有所进步。

从灌溉工程技术发展的特点和趋势看，此期大致可分为两个阶段：第一阶段，春秋到西汉时期，以发展大型引水灌渠工程为主，分布地区主要在北方。这一时期引水灌溉工程技术大为发展，在灌渠的规模、渠首枢纽和渠线的规划布置、渠道施工技术、灌溉技术等方面都取得了光辉的成就。第二阶段，东汉到南北朝时期，发展以陂塘为主的蓄水工程。虽然春秋时已建成大型蓄水陂塘芍陂，西汉时汉中、南阳、汝南地区陂塘也有发展，但淮河流域及其以南地区大量兴建陂塘工程则是在东汉之后，这时期在陂塘的规划、筑堤方法、设置闸门控制蓄泄及布置溢洪道等技术方面皆有很大发展。

此外，这一阶段凿井利用地下水灌田有了发展，园圃中已布置井群。凿井技术有不少进步，砖井、陶圈井已经普及。在灌溉机具方面发明了用于提取井水的桔槔、辘轳，还发明了翻车、渴乌等，尤其是翻车在农田的使用意义重大。

这一时期涌现了一批杰出的水利专家，如孙叔敖、西门豹、李冰、郑国、召信臣等，不少大型灌溉工程都是在他们主持下建成的。在兴建众多的灌溉工程活动中，人们对实践知识进行归纳、概括、提炼、总结，上升为理性认识，因而形成颇为丰富的水利理论知识、水利工程设计技术原则及地区水利规划思想等。如对地表水资源分布及利用的知识，对地下水资源的认识和分类，对水流运动的水力学知识和灌排渠道的设计技术经验，对黄淮地区的蓄泄认识等皆有精湛的见解。专门记载水利活动和水利工程的专著也已出现，著名的有司马迁的《史记·河渠书》、班固的《汉书·沟洫志》、郦道元的《水经注》等，从中可探知灌溉工程技术的大致发展情况。



第一章
引水渠系

春秋以后，由于生产力的发展，社会制度的变革，井田制迅速瓦解，与之相适应的以排涝为主的沟洫工程也堙废了，代之而起的是兴修长距离引水灌溉工程。到战国、秦汉时期，由于社会经济的发展，要求开发更多的土地和增产更多的粮食，加上水利知识的积累和水工技术的提高，促使水利灌溉事业蓬勃发展，兴修了一系列大型渠系引水灌溉工程。魏晋南北朝时期各割据政权在其统治的重要地区也或多或少有引水渠系的修建工程。

这一阶段引水渠道工程技术的发展特点表现在以下几方面：一是工程的规模，从小型发展为大、中型。二是渠系工程规划，从单项效益发展到综合利用。三是顺应水势地势，采用多种引水工程技术类型。四是工程就地取材，施工力求坚固。这一阶段渠道工程技术进步甚快，取得了许多引人注目的技术成就。

第一节　灌溉渠系工程的发展情况

原始社会到西周时期，由于社会制度和生产技术水平的限制，灌排工程的规模都甚小，技术也简单，灌溉以水稻作物为主。春秋战国时期，由于封建制度逐步取代奴隶制，铁工具的应用，促使其他各项生产技术出现了突进，带动了整个社会科学技术的蓬勃发展，水利工程技术也是飞跃的发展。至秦汉时期，在华北、关中，甚至西北地区涌现了不少大中型长距离的引水灌渠，取得了显著的工程技术成就。此时灌溉的作物主要为旱作物。魏晋南北朝时期北方战乱多，但在相对的安定期，在各政权的中心地区和战略要地，也兴修了一些灌溉工程，工程技术仍有提高。

一、春秋战国社会大变革中的灌渠工程建设

（一）社会大变革与灌渠工程

春秋战国时期，是我国历史上重大的社会变革时期。由于生产力的发展，各诸侯国日渐强大，而周王室势力衰弱，不能控制各诸侯国，社会由往日的“礼乐征伐自天子出”，进入了“礼乐征伐自诸侯出”，以致“陪臣执国命”的天下纷争阶段。各国为增强实力，避免被灭亡、兼并的命运，十分重视农业生产，以取得粟多、兵强、国盛的效果。由于水利建设在农业发展中具有突出的作用，因此，各国统治者很注重农田水利灌溉事业的建设，如楚国是南方江汉地区的一个古老国家，被中原诸侯看作“荆蛮之邦”。春秋之后，周王室不能远控楚国，楚国周围又多弱小国家，有利于其向外发展。楚国通过“筚路蓝缕，以启山林”[2]，努力扩大耕地，发展农业生产，逐渐强大起来。楚成王（公元前671～公元前626年）、楚穆王（公元前625～公元前617年）时，其势力已达淮南地区，并向北、向东南发展。楚庄王（公元前613～公元前591年）时今河南省东南部的淮河两岸，都成为楚国的疆域。为巩固对新辟领土的控制及进一步拓展领地，楚国注意在淮河流域发



展农业生产，兴修灌溉水利。公元前605年之前数年，由孙叔敖主持在淮南地区创建了引史河水的雩娄灌区，这是春秋时最先建成的较大规模的灌溉渠系工程，很可能采用了渠塘串联技术，这实际也是长江流域原先水田灌排工程技术的发展。又春秋初年小国很多，见于《左传》的大小国家有120多个，经不断兼并，至战国初年，只剩下十余国，其中最大的为秦、韩、赵、魏、齐、楚、燕七大强国，史称“七雄”。群雄争霸，纷纷推行农战政策，重视农田水利建设，设有专门管理农田水利的机构和官员。《管子·点政》说：“决水潦，通沟渎，修障防，安水藏，使时水虽过度，无害于五谷，岁虽凶旱，有所粉获。司空之事也。”战国时著名的思想家荀卿也说：“修堤梁，通沟浍，行水潦，安水藏，以时决塞，岁虽凶败水旱，使民有所耘艾，司空之事也。”[3]这时人们不再限于水多时开沟排除潦水，还重视在天旱时采取人工灌溉，以保证和提高农业生产的收成，精耕细作农业已开始出现。此时国家政权成为兴修灌溉工程的组织者，可以招聘技术人才，调动和组织大量人力、财力兴修大工程，故而大型灌溉渠系工程不断建成。如魏国的漳水十二渠、秦国的都江堰和郑国渠等都是国家组织力量兴建的。尤其是都江堰和郑国渠的建成，极大地增强了秦国的经济实力，使成都平原和关中平原成为中国重要的经济区，有力地支持了秦国统一大业的完成。而工程的建成很大程度上又得归功于水利灌溉工程技术的进步。

春秋战国时期，新兴封建势力以不同方式先后在各国取得统治权，为了巩固新兴的封建地主制，各诸侯国在政治上实行一系列的改革和变法活动，以清除旧势力的权力和影响，扫除生产力发展的障碍。变法的一个重要内容就是土地所有制的变革。“废井田，开阡陌”，“垦草”（开垦新荒地）和“治莱”（利用撂荒地），成为各诸侯国变法改革的重要内容。这就使大量农夫和奴隶从井田制的禁锢中解放出来，提高了劳动者的生产积极性。农田开垦加快，瓦解了井田沟洫制，新的灌溉工程得以在大范围地区兴建。如魏国是变法改革较早的诸侯国，魏文侯（公元前445～公元前396年）时建立了新兴封建地主制的国家，他招贤纳士，励精图治，在政治、军事、经济等各方面进行全面改革，特别是任用李悝为相，实行“尽地力之教”的政策，努力发展农业生产，在土地所有制上进行了彻底的改革。也就是破除旧有的阡陌封疆，鼓励自由开辟耕地，勤谨耕作，通过多种措施，大力发挥土地的潜力；同时废沟洫，重新建设新的灌溉渠系。后人说：“李悝以沟洫为墟，自谓过于周公。”[4]周公经营奴隶制达到盛世，李悝大力废除井田制，确立封建制的生产关系，并兴修灌渠大幅度提高生产力，为后来各国的变法和兴修水利做出榜样，故而他的变革对社会发展意义重大，其自我评价不过度也。之后，西门豹任邺县令，积极贯彻李悝的“尽地力之教”，兴修了著名的漳水十二渠，此渠在技术上多有创新，漳水渠的兴建成为中原地区兴修灌渠工程的先导。又如秦国是变法改革比较彻底的诸侯国。原来秦人僻处西北，经营畜牧业。东周初秦始被封为诸侯国，给“岐以西之地”，战国初期仍维持着奴隶制，社会政治制度及社会经济比其他诸侯国显得较为落后，史称“与戎狄同俗”[5]，施“戎狄之教”[6]，还未脱离戎狄的影响。秦献公（公元前384～公元前362年）即位后，为了改变被动挨打的局面，开始对旧制度进行改革。秦孝公时期（公元前361～公元前338年）任用商鞅进行



变法，大规模地进行封建改革。商鞅的主张受李悝思想的影响较大，但又根据秦国的实际情况制订改革方案。根据商鞅的意见，秦国发布了垦草令，督促人们耕垦土地，以改变地广人稀的状况，“开阡陌封疆”[6]，彻底废除奴隶社会的土地国有制。又“制辕田”[7]，农民可以在自己的土地上轮换耕作，因而调动了农民生产的积极性。还对赋税制度等实行一系列的改革。商鞅变法使封建制在秦国真正确立起来，由是秦国迅速发展壮大，在与各国的军事斗争中取得一系列的胜利，扩大了自己的领土；同时重视发展国内农业生产，督促兴修农田水利工程。1979 年在四川战国墓中出土有木牍（见《文物》1982 年第 1 期有关文章），其中一件木牍上记载了秦武王二年（公元前 309 年），秦王命丞相甘茂、内史匽等“更修为田律”的诏令。“为田律”应是商鞅变法时创制，秦武王二年是“更修”。从木牍的记载可知当时的“田”，是“广一步，袤八则，为畛”①，即宽一步，长 240 步的一亩田，田间修有畛道和封埒，以标志田界。要求“九月，大除道及除浍。十月，为桥，修波（陂）堤，利津梁，鲜草离（莱）”。商鞅时已改 100 步的亩制为 240 步的亩制，这与耕地的扩大有关。“为田律”是将修理农田封埒阡陌、兴修水利等以法律的形式在全国推行。到战国后期，秦国在以往改革成绩的基础上，为了进一步发展社会经济，适应统一六国战争的需要，兴建了中国古代杰出的两个大型引水灌溉渠系工程都江堰和郑国渠。

社会生产力的进步为兴建引水灌溉渠系工程创造了条件，尤其是铁农具的推广使用，作用尤大。春秋晚期铁器已用于农业生产。《国语・齐语》记载管仲曾提到“美金以铸剑戟，试诸狗马；恶金以铸锄、夷、斤、劚，试诸壤土”。“美金”指青铜，而“恶金”指的是铁。考古遗址中已发现春秋时代的铁农具，但此时出土的数量还不多，器类也比较简单。战国时期，铁农具的使用才明显增多，使用地区已超出七国的范围。《管子・度地》记载了当时冬季水利施工应配备的工具：“笼、臿、板筑各什六，土车什一，雨輂什二，食器两具……”其中的“臿”是从耜转变来的，刃口用铁包裹，工作效率比木耜、骨耜提高很多，故有“举臿为云，决渠为雨”[8]之歌谣。如果用无铁工具，要修建大型灌渠工程则是很困难的。这时期的自然科学，如地理学、几何数学、测量地图学等迅速发展，加上当时人授学的流行，人材的培养不限于直接经验的体验传授，而能从授学中获得多方面的丰富知识，从而加快了水利人才的培养，如李冰“能知天文地理”，由于具有水文、水工等方面的知识，才使他能成功地建成都江堰。另外我国农业生产从战国时代起已从轮荒耕作制走上连种制及精耕细作和集约经营的道路，加上此时北方气候渐趋向干旱，灌溉的需求已比排水更为迫切，这些都促使了灌渠工程的大量兴建。

（二）灌渠工程的大发展

春秋战国时期，各国都兴建了一些灌渠工程，其中以楚、魏、秦成就最大。

春秋时的楚国最先建成较大规模的灌溉渠系工程，这就是建在淮南地区的雩娄灌区。《淮南子・人间训》记载：“孙叔敖决期思之水，而灌雩娄之野，庄王知其

① “一步”，6 尺。“八则”据阜阳出土汉简“卅步为则”，即 240 步。“畛”是地畔道路。



可以为令尹也。”① 工程由孙叔敖主持，在孙叔敖任楚相（约公元前605年）之前数年建成。雩娄灌区在今河南固始县境内，是后世所称的“百里不求天”灌区。在此要说明的是期思陂应是另一工程。《淮南子·人间训》中的期思为古蒋国，公元前617年楚灭之以为县，应在今固始西北之期思集。② 雩娄，始见于《左传·襄公二十六年》：“楚子、秦人侵吴，及雩娄。”雩娄在今固始县东南。《汉书·地理志》、《水经·决水注》皆讲到该地有决水（即史河）和灌水，雩娄灌区是引史河水的，而不是引期思之水，期思陂为另一灌溉工程。③ 雩娄灌区的工程情况因史料阙载，不得而知。但据后代的记载推测，雩娄灌区很可能采用了渠塘串联技术。明代嘉靖《固始县志》所记“百里不求天”灌区建有二条引水渠道：一是在史河东岸黎集的石嘴头，开渠引水向北，称为清河，史称这为孙叔敖的遗迹。清《固始县山川地舆全国》载：从石嘴头到龙潭寺之间的清河旧渠上段，为孙相公旧河，并且清河旁建有孙相公庙。二是在下游史河东岸蒋集的三岔口，开渠引水向东，称为湛河，湛河一方面直接从史河引水，另一方面又承受清河尾闾的余水。两河皆在河中修筑土坝抬高水位引水，灌溉史河和泉河之间的土地。此灌区大致南北长百里，东西宽50里，故称为“百里不求天”灌区。灌区中有众多陂塘，开成渠塘串联的形式。陂塘可起调节渠水的作用，水多时蓄起来。干旱时用以灌田，因而提高了灌溉保证率。这种渠塘串联的工程技术虽然见于记载较晚，但其起始可追溯到春秋时期。

战国初年以魏国兴修灌渠工程成绩最大。当时魏国的都城在安邑（今山西夏县西北禹王城），邺县（今河北磁县和临漳县一带）是魏的东方据点，与赵国相邻，为经营好此战略要地，魏文侯二十五年（公元前421年）前派西门豹为邺县县令[9]。西门豹积极贯彻李悝的“尽地力之教”的主张，兴修灌溉工程，发展农业生产。“发民凿十二渠，引河水灌民田，田皆溉。”[10] 建成了漳水渠。该渠兴修后，且灌且淤，改良了盐碱地，使邺所在的河内富裕起来。引漳十二渠首创引多泥沙河流灌溉，在技术上多有创新，如渠首为多首制，筑低坝壅高水位引水等，皆合乎科学原理。

秦国后来者居上，在战国后期几十年时间内，相继建成了我国古代最著名的两大灌溉渠系工程都江堰和郑国渠。都江堰位于四川省灌县，是分岷江水灌溉成都平原的引水工程，修建于秦昭王后期（公元前256～公元前251年），由蜀守李冰主持建成。都江堰渠首工程是无坝取水，采用鱼嘴分水，飞沙堰溢洪，宝瓶口引水，已具有系统工程的雏形。该工程以规模巨大，布局合理，费省效宏，历久不衰等特点而著称于世，是中国乃至世界上古代水利的杰作。都江堰的建成，使蜀地成为

---

① 这一事迹史料有不同的记载。《太平御览·地部·陂》引《淮南子》：“孙叔敖作期思之陂，而灌雩之野。”《太平寰宇记·淮南道·寿州》引《淮南子》：“楚相作期思之陂，灌雩娄之野。”

② 《汉书·地理志》汝南郡有期思县，颜师古注云“古蒋国”。《水经·淮水注》云：“淮水又东过期思县北，县故蒋国，周公之后也。……楚灭之以为县。……城之西北隅，有楚相孙叔敖庙，庙前有碑。”

③ 期思比雩娄地势低数十米，两地之间相隔灌河、白露河数条河流和分水岭，所以期思之水不能灌雩娄之野。又有人认为期思在固始东北之蒋集，然蒋集又称蒋家阜，为湛河引水口，与故蒋国无关。且蒋集在史河与灌河合流后的下游，居雩娄灌区之尾，不可能引水灌上游地区。



“水旱从人，不知饥馑，时无荒年”[11]的天府之国。郑国渠是继都江堰之后修建的另一项大型灌渠工程。此渠位于关中腹地，引泾水灌溉，建于秦王政元年（公元前246年），由韩国水工郑国主持修建。该渠创长距离输水的记录，解决了不少技术难点，它的建成显示北方灌渠工程技术有了长足进步。“渠成，引淤浊之水，溉泽卤之地四万余顷，收皆亩一钟。”[12]于是关中成为沃野。司马迁说：“关中自汧雍以来，至河华，膏壤沃野千里。”[13]都江堰和郑国渠两个大型灌渠工程的建成，极大地增强了秦国的经济实力，有力地支持秦国统一大业的完成。公元前223年秦国利用蜀地丰裕的粮食财帛，浮舟东下，一举反楚。公元前221年秦又凭着强大的经济实力，全部消灭各诸侯国，统一了中国。

战国时的其他诸侯国也兴灌溉之利，引湖河水灌溉，形成分布于各地的灌溉区。《周礼·职方氏》叙述了这些灌溉区的分布情况，见本编第四章第二节。

由上可知，春秋之前古籍中只提到少量的简易灌溉工程，到春秋战国时期灌溉工程技术有了飞跃进步，尤其战国时大型灌溉渠系工程在一些大国轰轰烈烈兴建起来，这是当时社会和生产发展的需要。正如恩格斯所说：“社会一旦有技术上的需要，则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进。”[14]因社会的需要，加上当时生产工具和自然科学的进步，促使灌溉工程技术飞速发展，技术的发展又带动了生产的发展，进而又推动社会的进步。可见，技术、经济、社会三者是互相联系、互相促进的，而科学技术是生产力发展最活跃的因素。

二、秦汉时期灌溉工程的蓬勃发展

（一）大一统封建国家与灌溉工程

秦汉大一统的封建帝国有利于在更多、更大的地区兴修水利，有利于科学技术的交流。

秦于公元前221年灭六国建立了空前的、统一的中央集权的封建帝国。之后在进军岭南时，因山路崎岖，军粮运输很是困难。秦始皇二十八年（公元前219年），派名叫禄的监御史负责“凿渠运粮”[15]。在今广西兴安县兴建了大规模的渠系工程灵渠，沟通了湘水和漓水。灵渠的作用主要在于航运，但对当地的农田灌溉以及后来岭南地区与内地的联系，也具有重要作用。灵渠工程利用分水坝铧嘴分水，有大小天平调节水位水量，有泄水天平排泄过量的渠水，有陡门控制渠水的蓄泄①，反映了当时渠道工程所达到的高超水平。

汉代是秦的政治经济制度的延续，统一的、中央集权的封建制得到真正的巩固和发展，国家采取重农政策，政府成为兴修灌溉工程的有力组织者，推进了灌渠工程在北方大量兴建。又为了统一国家的需要，派重兵戍边和西征抗击匈奴，为就地解决军粮给养问题，大力移民，实行屯田，西北灌渠水利由是而兴。屯田水利对开发西北地区意义重大，中原先进的水利技术也随之传入新疆等边区。

西汉初，为了恢复经秦末战乱后破坏的社会经济，汉政府采取“休养生息”的政策，提倡农桑耕织，鼓励开垦土地和增殖人口，采取崇本抑末、轻徭薄赋的方

---

① 始建时设施无后代那样完整，但工程布局大致不会相差过远。陡门唐代才有正式记载，早期可能在渠中筑有堰坝，灵渠工程技术，详见“大系”《航运工程技术史》。



针，田租规定十五税一。于是社会经济较快得到恢复，汉文帝时提出："农，天下之本，务莫大焉"[16]的诏示，将田租减半，三十税一。这样经过六七十年的休养生息，"至武帝之初，七十年间，国家亡事，非遇水旱，则民人给家足，都鄙廪庾尽满，而府库余财。京师之钱累百巨万，贯朽而不可校。太仓之粟陈陈相因，充溢露积于外，腐败不可食。"[17]农业生产富足，社会经济达到兴盛。此时原有的灌溉工程得到修复和一定的发展①。在北方，灌溉对农业生产增产作用巨大，作为农业命脉的水利是其他农业增产措施替代不了的，因此在经济实力增长，要求进一步发展社会生产时，大修水利被提到议事日程上来。

重视农业生产，重视水利灌溉的国策在汉武帝时期得到充分体现。公元前111年，武帝发布诏令，他说："农，天下之本也。泉流灌浸，所以育五谷也。……故为通沟渎，畜陂泽，所以备旱也。……今吏民勉农，尽地利，平繇行水，勿使失时。"[8]提出了农业是天下人民衣食的根本，水利灌溉是农业的根本，通过兴修灌溉工程能有效地防御干旱，故而要合理地开发、利用和管理水资源，以尽地利。农作物生长通过人工灌溉措施，可以克服不利的自然条件而取得高产的收成。这就将灌溉提到了前所未有的高度，强调了人的能动作用，以利用地利，改变不利的天时。从这一诏令，可见汉武帝对灌溉事业的重视，并将此作为一项重要政策付诸实施，体现了国家在组织生产方面的重要经济职能。在他统治期间，"用事者争言水利"（《汉书·沟洫志》），出现了前所未有的兴修水利的盛况，一批大中型灌溉引水工程先后建成，小型引水灌渠工程的兴建不可胜数。当时灌溉渠道工程兴建的重点：一是在京畿关中；二是在西北边疆。此外，建成的大型引水灌区还有：山东临淄、广饶一带的钜定灌区，泰山南麓的引汶灌区，山西引黄河和汾水的灌区等。《史记·河渠书》称：汉武帝时堵塞瓠子黄河决口后，"朔方、西河、河西、酒泉皆引河及川谷水以溉田，而关中辅渠、灵轵引堵水，汝南、九江引淮，东海引钜定，泰山下引汶水：皆穿渠为溉田，各万余顷，它小渠陂山通道者，不可胜言"。这些工程在规模、类型和技术上都有很大的发展，取得了卓越的成就。

（二）灌渠工程的发展

1. 关中灌溉渠系的兴建。西汉建都关中长安，是因"关中左殽函，右陇蜀，沃野千里，南有巴蜀之饶，北有胡苑之利，阻三面而固守，独以一面东制诸侯。诸侯安定，河、渭漕挽天下，西给京师，诸侯有变，顺流而下，足以委输。此所谓金城千里，天府之国"[18]。既因关中形势利于固守，又因经济基础好，水运又方便之故，到汉武帝时，作为京畿之地的关中，因京城消费量的增加，及供应边疆作战守卫者，对粮食的需求大量增加。关东漕运量从汉初的数十万石，到公元前128年左右，增达一百余万石[8]，之后公元前110年，则急遽增加到六百万石[19]。此时采取的措施，一方面是开凿漕渠，改善水运航路；另一方面是大力发展关中地区的水利灌溉，增加当地的农业产量。

关中平原，亦称渭河平原，西起宝鸡，东到潼关，南界秦岭，北抵北山，东西

① 如传说汉楚相争时，汉萧何修建汉中山河堰，足食足兵，为刘邦提供充裕的粮秣供给。汉初张良说关中"沃野千里"（《汉书·张良传》），"沃"即有灌溉之利。



长约360公里，南北宽度一般约40~50公里，由西向东逐渐展宽，最宽处达100公里，面积2.57万平方公里。渭河横贯中部，形成宽广的阶地平原，被盛称为“八百里秦川”。平原地势平坦，黄土深厚，土质疏松，土壤肥沃，利于耕作。但降雨量较少，年平均降雨量只有600毫米左右，雨量在季节上分配又很不均匀，降水集中于秋季，造成秋雨连绵，而农业生产需水多的春、夏少雨，往往发生春旱和伏旱。又由于地下水埋藏较浅，尤其在平原的东部，处于诸河的下游、地势低平，排水不畅，在干旱季节，大量可溶性盐分随水分的蒸发，积累于地表，造成土壤的盐碱化。这些都影响了农业生产的发展，因此需要对农作物进行灌溉，并对土壤进行淋洗改良，才能有效地战胜干旱和盐碱灾害。

关中平原发展灌溉的有利条件是水资源状况较好，渭水由西向东流贯全境，还有发源于北山和秦岭的数十条支流汇入，渭北有泾、洛、汧、漆、沮（石川河）等支流，渭南有涝、沣、浐、灞等支流构成了一个羽状水系，为兴修引水灌渠提供了较好的水源。汉武帝曾说：“左右内史地，名山川原甚众。”[17]左、右内史辖关中地，有发展灌溉水利的良好条件。

武帝时代的水利建设始兴于元光六年（公元前129年），其时采纳大司农郑当时的意见，为了减少运输的困难，节省运输的时间，于长安县境开渠，引渭水，沿南山（即秦岭）麓 东下，至华阴，直抵黄河。用民工数万人，三年凿通，渠长300余里。原来从渭水逆上运粮，水道长900余里。漕渠开成后，航程缩短了三分之二，运输时日大为缩短，“而渠下民田万余顷，又可得以溉田”[17]。这条漕渠渠线很长，工程技术要求高，渠道线路是由水工徐伯“表”定的。渠道开凿的成功，表明在复杂地形中定线及测量技术取得了重大成就。

之后，元狩三年至元鼎六年间（公元前120~公元前111年）又开凿龙首渠。这是因关中漕渠虽通，但是关东漕运船只仍要溯黄河西上，有三门峡砥柱之险，船只败亡甚多，航运花费不小。为避砥柱之险，又修建沟通汉中地区的“褒斜道”工程，此工程陆道虽通，但水道湍急多礁，无法行船。又黄河于元光三年（公元前132年）在瓠子（今濮阳县西南）决口后，二十多年未堵口，洪潦漫流，关东之地，“岁因以数不登”[8]。因此，兴修灌渠，发展关中农业生产显得日益迫切，所以庄熊罴建议兴办引洛灌溉工程。他说：“临晋（今大荔县东南）民愿穿洛以溉重泉（治今蒲城县南重泉村）以东万余顷故卤地。诚得水，可令亩十石。”[12]汉武帝同意此奏，征调了一万多人穿渠。工程很是艰巨，渠道穿过商颜山长十余里，修了十余年才通。因穿渠得龙骨，故名为龙首渠。此渠在工程技术上的最大成就是首创了“井渠法”。

元鼎六年（公元前111年），距郑国渠兴建后136年，左内史兒宽，“奏请穿凿六辅渠，以益溉郑国旁高卬之田。”[8]因记载的简略，对六辅渠在何处未作交代，后人形成两种不同的看法。唐颜师古注《汉书·沟洫志》谓：“在郑国渠之里，今尚谓之辅渠，亦曰六渠也。”又在《汉书·兒宽传》注中说：“此则于郑国渠上流南岸更开六道小渠以辅助溉灌耳。今雍州云阳、三原两县界此渠尚存，乡人名曰六渠，亦号辅渠。”讲六辅渠是郑国渠南岸增开的六条支渠。此六条支渠存在是事实，但不应是兒宽主持兴修的六辅渠，因六辅渠是灌溉渠旁的高地，郑国渠干渠已



布置在二级阶地的最高线上，其高地应在渠北，故而水源不应是引郑国渠的水。另一种看法如《史记·河渠记》所说："关中辅渠、灵轵引堵水（堵水，徐广解作诸川）。"可能是引郑国渠以北的冶峪、清峪、浊峪等几条小川①，以扩大灌区的水源，增加灌区的灌溉面积。在水资源管理利用上，六辅渠也很有特色，制定了灌溉管理制度"水令"。六辅渠尽管灌溉面积不多，但因兒宽首创水令，故而引起后世的重视，产生的影响深远。

同样为扩大引泾灌区的灌溉面积，太始二年（公元前95年），因赵中大夫白公的建议开凿灌渠，"引泾水，首起谷口，尾入栎阳，注渭中，袤二百里，溉田四千五百余顷"。[8]因而名为白渠。白渠在工程技术上既继承了郑国渠，又更合理，故而使用的时间长久，效益显著。《汉书·沟洫志》称"民得其饶"，相与讴歌曰："田于何所？池阳谷口。郑国在前，白渠起后。举臿为云，决渠为雨。泾水一石，其泥数斗。且溉且粪，长我禾黍。衣食京师，亿万之口。"班固《西都赋》称："郑白之沃，衣食之源。提封五万，疆埸绮分。沟塍刻镂，原隰龙鳞。决渠降雨，荷臿成云。五谷垂颖，桑麻铺棻。"[20]可见当时白渠已与郑国渠齐名。白渠是汉武帝时代关中所建灌渠中经济效益最大、地位最重要的一项工程，对关中农业生产的发展作用最为显著。

汉武帝时期在关中兴修的灌渠，规模次些的还有灵轵、成国和沣渠。《汉书·沟洫志》载："关中灵轵、成国、沣渠引诸川。"皆是引的川谷水。见图2－1－1－1。

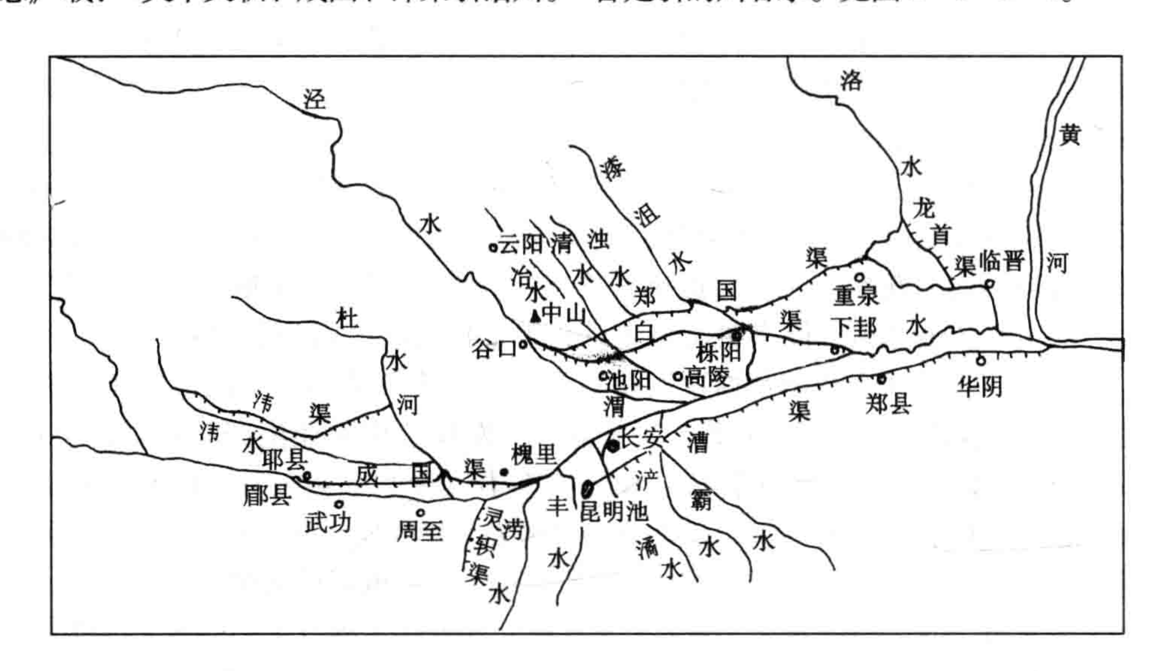


图2－1－1－1 汉武帝时关中灌溉工程分布示意图

此外，与关中一河之隔的河东郡，汉武帝时期也有灌溉工程的兴修。在开龙首渠前数年，约在元朔元年至四年间（公元前128～公元前125年），河东郡太守番

① 后代宋·宋敏求《长安志》三原县下载有引清谷河、浊谷河灌溉之事。又元·李好文《长安志图·渠堰因革》称："云阳，北境高卬，泾水不及，今引冶谷水，西北浮化界来，分为上渠，以溉近山之地。三原，北境高卬，泾水不及，今引浊谷水，西北华原，原末分为六渠，以溉近山之地。"



系建议，由于关东漕运困难，应在河东郡兴建渠道，灌溉改良黄河旁荒瘠土地。即穿渠引汾灌溉皮氏（今山西河津县西）和汾阴（今万荣县西南）的土地；引黄河灌溉汾阴和蒲坂（今永济县西南）的土地，估计两灌区可开垦出5 000顷土地，每年得谷200万石以上。此建议得到汉武帝的同意，发卒数万人开渠作田。几年后，因为河道摆动，引水口不易引水，造成耕种者不能偿还种子的局面，多年后渠道就废弃了。这项引汾引黄工程虽未达到预期目的，但给后代引黄灌溉提供了技术方面的借鉴。

由上可知，汉武帝时期关中地区的灌溉渠道工程得到大量兴建，在水资源开发利用方面取得很大成绩。以往只有引泾水的郑国渠，而汉武帝时泾、渭、洛及许多川谷水都得到利用，狭长的渭南和宽广的渭北平原形成不少灌区，如白渠、六辅渠、龙首渠、灵轵渠、沣渠和漕渠等大小灌区，总灌溉面积达数百万亩。这样就在很大程度上改变了关中地区农业生产的条件。需水多的麦类和水稻种植有了增加，旱作产量大为提高，这就使关中经济有了长足的发展。《史记·货殖列传》称："关中之地，于天下三分之一，而人众不过什三，然量其富，什居其六。"武帝时关中已成为全国最富庶的地区了。

2. 西北边区屯田与灌渠的兴建。西北灌溉水利的真正兴建是在汉代，并与设置屯田密切相关。屯田水利开创于汉武帝时期，经过若干代坚持不懈的经营，取得了相当的成就。灌溉水利多以兴修渠道工程为主，内地修渠技术也随屯田的开发传入西北边区。

汉兴以来，匈奴强大，称霸大漠南北，威胁汉境，侵地掠财。武帝时，由于国力渐强，对匈奴的政策由消极防御转为积极进攻。但西北地区以畜牧业为主，农业不发达，军粮仰给于内地转运，"缮道馈粮，远者三千，近者千余里"（《史记·平准书》）。往往不能满足前线之需，还造成政府开支"为费甚大，中国贫苦"的局面。于是随军事行动的进展就在西北开展大规模的军垦和民垦活动。

元朔二年（公元前127年）春，武帝派将军卫青出击匈奴，一举收复了"河南地"（今内蒙古河套地区），随即设置朔方郡（治今内蒙古杭锦旗西北黄河南岸）和五原郡（治今内蒙古包头市西北）。"夏，募民徙朔方十万口"[21]。筑城守卫，在黄河两岸开荒种地。此时已在朔方穿渠，修筑者达数万人。但这次朔方修渠效益不大，"朔方亦穿渠，作者数万人，各历二三期，功未就，费亦各巨万十数"（《史记·平准书》）。元狩二年（公元前121年），又派霍去病自陇西出击匈奴，大胜，迫使匈奴退出河西地区。为巩固对该地区的统治，切断匈奴与羌人的联系，先后设置了武威郡（治今甘肃武威县）、酒泉郡（治今甘肃酒泉县）、张掖郡（治今甘肃张掖县西北），敦煌郡（治今甘肃敦煌县西），史称河西四郡。元狩三年秋，因山东遭大水，徙贫民于关西及朔方以南"新秦中"（今河套以南一带）70余万口[22]，由官府供给衣食，令其耕垦。元狩四年（公元前119年）又对匈奴出击，卫青、霍去病率军远征到漠北作战，从此，匈奴远遁，而幕南无王庭[23]。西北大部分边区不再受匈奴的侵扰，为大规模从事农垦水利提供了安定的环境条件。

《汉书·匈奴传》记载，匈奴远迁后，"汉度河自朔方以西至令居，往往通渠置田官，吏卒五六万人"[23]。令居，在今甘肃永登县西北，就是说从河套至永登有

五六万人在从事屯田水利的建设，屯田区引黄河水灌溉。元鼎六年（公元前111年），在“上郡（治今陕西榆林县东南）、朔方、西河、河西开田官，斥塞卒六十万人戍田之”[19]，兴建了不少灌溉渠道。故《史记·河渠书》记载：“朔方、西河、河西皆引河及川谷以溉田。”说明从朔方到河西，皆有许多灌溉工程的修建。

武帝时，西北边区的灌溉水利还随军事、政治形势的发展，由河西向西域推进。《汉书·西域传上》记载，太初四年（公元前101年），贰师将军李广利攻破与匈奴关系密切的大宛，“于是自敦煌西至盐泽，往往起亭，而轮台（今轮台境之玉古尔）、渠犁（今库尔勒之西境）皆有田卒数百人，置使者校尉领护，以给使外国者”。据征和时（公元前92年~公元前89年）搜粟都尉桑弘羊所奏：“故轮台东捷枝、渠犁皆故国，地广，饶水草，有溉田五千顷以上，处温和，田美，可益通沟渠，种五谷。”[24]说明之前轮台、渠犁一带灌溉面积已达5 000余顷了。但桑弘羊“益通沟渠”的建议因过费财力而未被采纳。

之后，昭帝元凤四年（公元前77年）“乃用桑弘羊前议，以扜弥太子赖丹为校尉将卒屯田轮台”。屯田还向西发展到龟兹（今库车县），向南在鄯善的伊循（今新疆若羌县东北米兰，昭帝时楼兰国迁都于此，改名鄯善国）屯田。宣帝时继续经营西域，地节二年（公元前68年），汉遣侍郎郑吉等率吏卒等屯田渠犁、车师（今吐鲁番县西北雅尔湖村）。神爵二年（公元前60年）命郑吉为西域都护，护南北道，在乌垒城（今轮台县策大雅）设立都护府，建立了中央王朝在西域的第一个行政管辖机构，“汉之号令班西域矣”。匈奴弱，不得近西域，于是徙屯田于北胥鞬，扩大了屯田的范围，此时汉屯田已达莎车之地[25]。到元帝初元元年（公元前48年），设置戊己校尉，掌管车师前部等地屯田。这些屯田区皆有灌溉渠道的兴建。西汉末、东汉初匈奴重又占据西域，汉明帝永平十六年（公元73年）北征匈奴，汉取伊吾卢地（今新疆哈密县）以通西域，置宜禾都尉率兵士屯田[26]。次年平定车师前后部，重新设立西域都护和戊己校尉，又在这些地区进行屯田。车师前部治今吐鲁番县西北，车师后部治今吉木萨尔县北。此后，章、和、安、顺时期也有经营西域的活动，因政治形势的变化，屯田时兴时废，故影响到水利工程的兴衰。

此外，汉代在青海河湟地区也推行屯田水利。宣帝时羌族人要求渡湟水到北面畜牧，遭汉拒绝后屡次犯边。神爵元年（公元前61年）将军赵充国击败羌人后，率兵士10 000余人在临羌（今青海湟源县东南）东至浩亹（今甘肃永登县西南）一带屯田，垦田2 000余顷，“缮乡亭，浚沟渠”[27]，引湟水灌溉。屯田时间虽然不长，但首次在河湟地区兴建灌渠，发展农业生产，对后世影响很大。东汉建武十一年（公元35年）马援任陇西太守。当时朝廷准备放弃河湟一带，马援上疏说：“破羌（今青海乐都县东南）以西城多完牢，易可依固；其田土肥壤，灌溉流通。如令羌在湟中，则为害不休，不可弃也。”得到光武帝同意，于是马援在河湟地区，“置长吏，缮城郭，起坞侯，开导水田，劝以耕牧，郡中乐业”[28]。之后，和帝时屯田又有扩大，在龙耆（今青海海晏县）、归义（今青海西宁市西南）、建威（今青海贵德县北）、东西邯（今青海化隆县南）等地实行屯田，屯田分布在湟水和黄河两岸，共达34部，可谓盛极一时。后因诸羌反抗，悉罢屯田。顺帝时又在



湟中屯田，阳嘉元年（公元132年），湟中有屯田共10部[29]。这些屯田引湟水和黄河水灌溉。

现将各灌区及其主要灌渠工程的情况概述如下：

（1）河套地区。河套指今内蒙古和宁夏境内贺兰山以东、狼山和大青山以南的黄河沿岸地区，因黄河在此形成一个大弯曲而名。河套在春秋战国时期，还是"羌戎所居"的游牧地区。秦代斥逐匈奴，占有了"河南地"，派大军驻守，又从内地移民塞之，粮食主要靠内地千里迢迢运送，在占领河套的五六年（公元前215～公元前210年）里，大约未兴建什么灌溉工程，到汉武帝时代才开始有灌溉工程的兴建。

内蒙古河套地区，汉武帝时在此设郡县，属于朔方郡、五原郡和西河郡管辖的范围内。据考古发掘和近人研究，现在的乌兰布和沙漠北部一带，汉武帝时设有窳浑、临戎、三封三个县。现在三古城废墟，其地理位置恰好鼎足而立。其南面、东面临近黄河，北面有大泽屠申泽，当时水草丰盛，无沙漠踪影，是汉族移民屯垦的重要地方。[30]成为朔方郡西部的灌溉区。见图2－1－1－2。据《水经注・河水三》载："河水又北径临戎县故城西，元朔五年立……河水又北，有枝渠东出，谓之铜口。"在临戎县北的铜口建有引渠口，引黄河水灌溉，说明汉武帝时临戎三城一带的农垦区建有灌溉渠道。至于今南北河之间的河套腹地，当时尚为河滩沼泽化地带，还不适宜开垦。

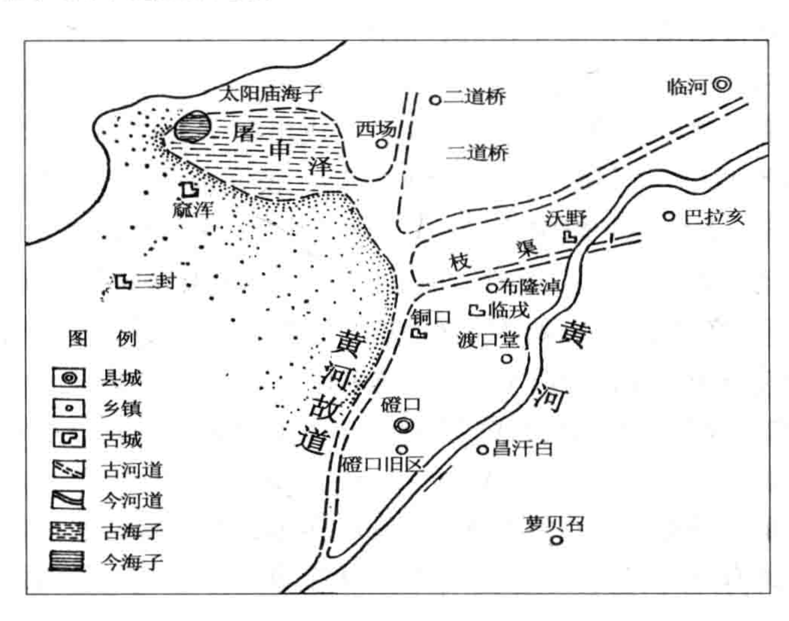


图2－1－1－2　《水经注》中内蒙古河套渠道位置示意图

（采自《河套灌区水利简史》）

宁夏河套地区，亦称为宁夏平原。黄河出青铜峡后从平原中穿过，将平原分为河东和河西两部分。据方志记载，河东的汉渠，起自青铜峡口，经金积到灵武，长百余里；河西的汉延渠，起自黄河西岸二道河，经永宁、银川到贺兰，长约100公里。各灌田数十万亩。这两渠历史悠久，可上推至汉武帝时代。《史记・河渠书》说：武帝时"用事者争言水利，朔方、西河、河西、酒泉皆引河及川谷水以溉田"。这里所说的西河，是指黄河经今宁夏灵武，北流千余里，至内蒙古五原这一段河，"非谓西河郡地也"[31]。当时有数万至数十万人在这一带从事开渠置田工作，引黄河水及川谷水灌田。到东汉顺帝永建四年（公元129年），尚书仆射虞诩请复朔方等三郡，称："《禹贡》雍州之域，厥田惟上。且沃野千里，谷稼殷积。……北阻山河，乘厄据险，因渠以溉，水舂河漕，用功省力，而军粮饶足。故孝武皇帝及光武筑朔方，开西河，置上郡，皆为此也。"顺帝同意此



奏，复三郡。“使谒者郭璜督促徙者，各归旧县，缮城郭，置候驿。既而激河浚渠为屯田，省内郡费岁一亿计”[32]。可见武帝时宁夏河套已有引黄灌溉，顺帝时重又“激河浚渠”，修浚旧有渠道以溉田。

（2）河西地区。灌区主要分布在甘肃河西走廊及青海河湟地区。河西走廊主要河流有石羊河、弱水（上游称黑河）、北大河、疏勒河、党河等，这些河流大部分发源于祁连山，每年夏季，山上积雪融解，分别流入诸河。以往河西“地广民稀，水草宜畜牧”。西汉时开始修渠发展农业生产。《汉书·地理志》记载：张掖郡觻得县（今张掖县西北）有“千金渠，西至乐涫（今酒泉县东南）入泽中”。引羌谷水（今黑河）溉田。该郡的番和县（今永昌县）是农都尉的治所。《汉书·百官志》说：“边郡置农都尉主屯田殖谷。”当时也有灌溉水利的兴修。敦煌郡冥安县（今安西县东南），“籍端水（今疏勒河）出南羌中，西北入其泽，溉民田”。又龙勒县（今敦煌县西南）有“氐置水（今党河）出南羌中，东北入泽，溉民田”。敦煌郡还有宜禾都尉、效谷县，是因兴修水利，“勤效得众”，而立为县名。这些应是武帝时期引川谷水灌溉的反映。

内蒙古额济纳河（弱水）流域，汉代称为居延。20世纪30年代和70年代在此地区发现了大量的汉代木简。这些汉简是汉武帝时起在河西地区修筑障塞，进行屯戍活动的文书。屯戍始于太初三年（公元前102年），是年“使强弩都尉路博德筑居延泽上”[32]。一直延续至东汉和帝以后，时间长达二百多年。以简文得知，居延地区有两大片屯田区。居延泽西南为居延屯田区；地湾、大湾、双城一带为骍马屯田区。见下页图2-1-1-3。屯田水利有明渠和凿井灌溉两类。关于明渠灌溉，是从额济纳河开渠引水，浇灌作物。有简文载：“始元二年戍田卒千五百人，为骍马田官穿泾渠，乃正月己酉淮阴郡。”[33]简文意为始元二年（公元前85年）正月为骍马田官调来淮阳郡戍田卒1 500人，修浚沟渠，为春种做好准备。可见这条泾渠是有相当规模的。简文中还出现一些以渠道命名的地名，如“甲渠候官”、“临渠燧”、“广渠燧”等，候官、燧分别是候及燧长的治所，它们以渠命名，表明附近有渠道分布。甲渠在居延屯田区，临渠和广渠在骍马屯田区。简文中还有“河渠卒”、“监渠佐史”等名称，说明有专门管理维修渠道的兵士和官吏，其渠道管理有一套严密的制度和方法。

河湟地区。贵德以下的黄河谷地和湟水谷地海拔2 000多米，是青海地势最低的地方，故亦称为河湟谷地，有三个多月无霜期，可以发展农业生产。该地灌溉水利开始兴修于西汉宣帝时，一直延续到东汉顺帝时。灌溉水源引自湟水和黄河水。黄河谷地从贵德到化隆皆引水灌溉；湟水谷地从海晏、湟源、西宁直至乐都，及黄河支流庄浪河的永登一带也皆有灌溉水利。可见，河湟地区的灌溉建设在汉代已有相当的规模。

（3）西域地区。西域在此主要指今新疆地区。新疆四周高山环列，天山横亘中部，把新疆分为南北两部。新疆在西北地区最为干旱，尤其是南疆地区，年降雨量在100毫米以下，因此，解决灌溉问题成为发展农业的先决条件。汉代新疆地区的灌溉水利随屯田的开拓而发展。大体以轮台、渠犁一带为中心向三路发展。

轮台、渠犁一带，地处西域之中，素有“广饶水草”、“良畴美土”之称，是



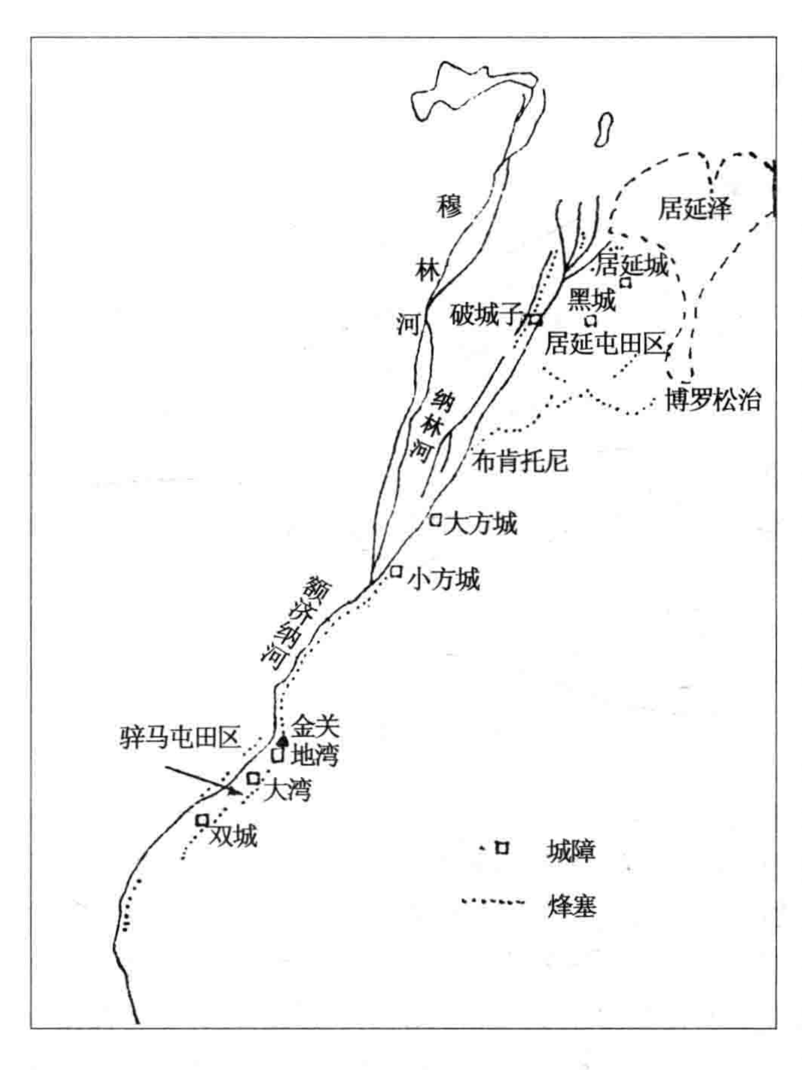


图2-1-1-3　汉代居延屯田水利分布图

汉武帝时通西域之要道，有使者校尉率领士卒屯田。宣帝时西域都护驻于乌垒，位于轮台与渠犁之间，而与渠犁田官相近。清代徐松《西域水道记》书中有对汉代轮台、渠犁之屯田遗址之描述："玉古尔，汉轮台地……庄南四十里，有故小城，又南十余里，尤多旧时城郭，田畴阡陌，畎陀依然，直达河岸，田官所治。"现在轮台县克孜尔河畔汉代故城附近泥滩上仍可见到古时沟渠田界的痕迹[34]。黄文弼《塔里木盆地考古记》中记载：库车西南沙雅县境内有一条汉代古渠，保存的遗迹长达100多公里，渠宽8米，深3米，维吾尔语称之为"阿古斯当"，即汉人渠之意，渠道附近发现有汉代五铢钱与陶片。

由轮台、渠犁出发，屯田水利一路向东北发展，西汉宣帝时推进到吐鲁番地区的车师前部。东汉时车师的屯田由前部发展到吉木萨尔的车师后部，车师成为西域屯田的重心，屯田点也有增加，在车师的柳中城（今鄯善鲁克沁）、高昌壁（今吐鲁番哈喇和卓）和后部的金满城（今吉木萨尔北）、且固城等皆设屯田。屯田水利还向东北推进到哈密，汉时称伊吾卢，是西域的门户。这一地区"土沃草肥"、"山泉竞发"，有较好的灌溉条件。西汉时被匈奴所控制，东汉时始有屯田另一路向西，经龟兹到疏勒（今喀什）、转莎车（今莎车）、于阗（今和田）。1959年，在和田地区民丰县境内尼雅遗址发现了一颗"司禾府印"的印范[35]，证实汉代的灌溉水利确实发展到这些地区。再一路向东南发展到罗布泊地区的楼兰。汉代楼兰灌溉水利有相当的规模，修筑有横断注滨河的拦河坝引水工程。20世纪60年代在今若羌县米兰古城堡地区，发现了汉代灌渠系统，渠道从米兰河引水，干渠长8.5公里，有七条大支渠，毛渠纵横密布，灌溉土地1.7万亩[36]。这些都体现了内地灌渠工程技术向西北边地的传播。见下页图2-1-1-4。



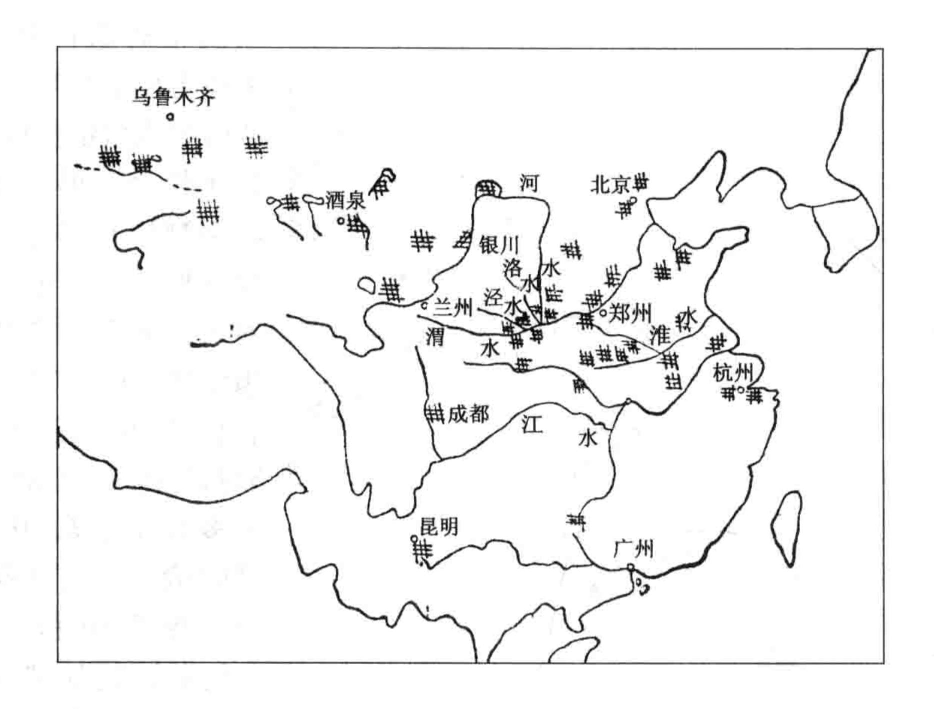


图2－1－1－4　汉代灌区分布示意图

由上可知，两汉时期由于大一统帝国政治稳定，经济兴盛，尤其是汉武帝时期重视在北方兴修灌溉水利，因此出现多种类型的灌渠工程，渠首枢纽分为有坝的、无坝的，渠道的规划设计更加合理，广泛利用了各种水资源。中原的灌渠技术还向西传播到西域一带。汉代之前，河西、新疆的原始绿洲农业无灌渠工程兴修，人们只是把种子播在邻近河湖的低洼地，利用夏季河湖漫流水及泉水等维持作物生长，或稍作导水沟堤把河湖水引入农田漫流，称之为“漫滩种植”。汉代随屯田水利的扩展，河西、西域修筑灌渠的技术取得很大进步，促使这些地区绿洲农业有了较大的发展。

三、魏晋南北朝时期灌渠工程的曲折发展

（一）社会大动荡与灌渠工程

魏晋南北朝时期是我国历史上大动荡、大分裂、大融合，最后趋向统一的时期。北方战乱多，政权变动频繁，各军事集团的攻战，造成“百里无烟”（《三国志·吴志·朱治传》），“白骨蔽平原”（王粲《七哀诗》）的悲惨景象，因此灌渠工程惨遭破坏，甚至一些军事集团采用水攻法作战，“以养人者害人”，他们将主要的力量用在争城掠地上，较少注意发展经济。但是各分立政权为了兼并战争和自身生存的需要，曾进行大规模的军事屯田，其中尤以三国曹魏时的军事屯田最有成效。由于屯田以军事组织编制，能统一调度劳力，故利于兴修水利工程，这就使北方的灌渠水利得到恢复，并取得一定的发展，工程技术也有所进步。

曹魏屯田始于东汉末年，当时由于统治阶级之间的混战，人民死丧流亡，中原户口，十不存一，土地大量荒芜，农业生产遭到巨大的破坏，尤以中原地区为甚。军队无粮可征，粮食匮乏。“袁绍之在河北，军人仰食桑椹；袁术在江淮，取给蒲蠃。民人相食，州里萧条”，出现军队乏粮，“无敌自破者不可胜数”[37]的现象。粮食成为军事集团能否胜利的关键问题。当时“土广民稀，中地未垦”，曹操采纳



枣祗、毛玠、韩浩等人的建议，募民设置屯田。建安元年（公元196年）首先在许下屯田，开枣祗河、灌沟引颍水溉田[38]，一岁得谷百万斛。之后大规模地在"州郡例置田官，所在积谷，征伐四方，无运粮之劳"[37]。

曹魏屯田的分布，一是在内地州郡设置民屯，二是在与孙吴、蜀汉、乌桓等接壤的边防地区布设军屯。民屯置典农中郎将、典农校尉、典农都尉统领；军屯以度支中郎将、度支都尉统领。民屯、军屯上总于大司农。民屯的分布以许昌、洛阳一带为中心，大致集中于现今河南省中部以北与河北省的南部，陕西省的东部和山西省的南部，如司州的洛阳、荥阳、原武、弘农（郡治弘农，今河南灵宝县北）、河东（郡治安邑，今山西闻喜县西南）、河内（郡治怀，今河南修武县西南）、野王（郡治野王，今河南沁阳县）；豫州的颍川（郡治许昌，今河南许昌市东）、梁国（治睢阳，今河南商丘县南）、谯郡（治今安徽亳州市）；冀州的魏郡（郡治邺县，今河北临漳邺镇）；雍州的长安、上邽（今甘肃天水市）及凉州的武威、酒泉等地。兵屯主要分布于缘边，如两淮地区、陕西西部与河北北部。发展农业生产，需要兴修水利，特别在北方地区灌溉尤为重要，北方屯田区前代灌渠水利有较好的基础，因此，在屯田的带动下，修复和扩建了不少灌渠工程，在工程技术方面也不乏新的建树。

南北朝时期，在北方各分裂政权的中心地区，为了巩固基本基地，取得粮食等物资供应，也较为重视兴修灌渠工程。如北魏的河套地区、前秦、北周的关中，东魏、北齐的邺地等地区，都有灌渠工程的兴修。这些政权都是由少数民族所建立，他们入主中原后，改变原来的经济生产方式，逐步接受汉族的文化和生产方式，从事农耕，并继承了汉代以来北方精耕细作的农业技术；灌溉工程技术也得到了继承，并有了一定的发展。如北魏是鲜卑人拓跋氏建立的国家，拓跋部入主中原后，就从游牧经济逐渐过渡到以农耕为主的经济。太和九年（公元485年）魏孝文帝为了巩固统治，采用了一系列发展经济的措施。他实行改革，推行"均田制"，以调整土地占有关系，将许多官荒地授与失去土地的农民，促使农业生产有了恢复和发展。为了增强抗御水旱的能力，于太和十二年（公元488年）五月丁酉颁布诏令："诏六镇、云中、河西及关内六郡，各修水田，通渠灌溉。"十三年八月戊子，又"诏诸州镇有水田之处，各通溉灌，遣匠者所在指授。"[39]黄河流域的灌渠水利有了修复。

此外，经过长期的斗争，出现了民族大融合的趋势，各民族之间的科学技术交流较为频繁，内地先进的水利工程技术进一步传入边地。如十六国时期据有今河西走廊地区的前凉政权乘中原战乱之际，出兵击败了孤悬一隅的西晋所置戊己校尉，在今吐鲁番地区设置了高昌郡（治今吐鲁番东哈拉和卓），此后据有其地的前秦、后凉、西凉、北凉都置有高昌郡，这是第一次在新疆地区设置与内地相同的郡县制行政制度，这有利于汉族人民的迁入，促进当地农业生产的发展。从出土文书可知十六国时期高昌郡水渠众多，管理严密，这是受中原地区先进的灌渠技术和管理制度影响的结果。

（二）灌渠工程的曲折发展

1. 曹魏时期。曹魏屯田水利主要在以下一些地区举行：

关中地区。曹魏与蜀汉长时期相峙于渭河之滨，关中谷帛不足以供魏军，因此，魏在长安设立典农官组织屯田，太和五年（公元231年）又"遣冀州农丁五



千屯于上邽”[40]，且耕且战，并“兴京兆、天水、南安监治”[41]。在屯田过程中兴修了一些灌渠工程，如成国渠、临晋陂等。

《晋书·食货志》载：“青龙元年（公元233年），开成国渠，自陈仓至槐里，筑临晋陂，引汧洛溉舄卤之地3 000余顷，国以充实焉。”《水经注·渭水》载：“成国故渠，渠，魏尚书左仆射卫臻征蜀所开也。号成国渠，引以浇田。”成国渠修建于设置屯田后二年，其功用增加了粮食生产，直接供应征讨蜀汉的军粮。成国渠上承讲水，渠线比汉代延长，水源不仅引渭水，还增加了汧水。

临晋陂是一项引洛的灌溉工程。临晋，县名，秦置，治所在今陕西大荔县朝邑镇西南，东汉末移治今大荔县。大荔县一带地势低洼，多盐碱。估计此项工程是引洛水淤灌低洼之地，临晋陂与成国渠共溉田3 000余顷，取得了很好的效益。

京畿洛阳地区。曹魏将洛阳地区作为重点屯田区，设典农中郎将，主持洛阳屯田。洛阳一带有洛河、伊河之利。早在东汉初王梁曾兴建洛阳渠，“引谷水以溉京都”（《水经注·谷水》）。谷水是洛河的支流，在偃师县东注于洛水。该渠引谷水经洛阳城下，东泻巩川，但“渠成而水不流”[42]。之后建武二十四年太仆张纯改以在洛水上筑堰开漕渠，此渠称为阳渠。阳渠虽为漕运而凿，但也灌溉农田，“百姓得其利”[43]。曹魏时重新修复旧渠。《水经注·谷水》引《洛阳记》说：“千金堨旧堰谷水，魏时更修此堰，谓之千金堨，积石为堨而开沟渠五所，谓之五龙渠，渠上立堨。堨之东首立一石人，石人腹上刻勒云：太和五年（公元231年）二月八日庚戌造筑此堨，更开沟渠。……堨是都水使者陈协所修也。”此渠规模较大，其维修管理人夫就达千人，“岁恒修之”，因灌溉经济效益达到“日益千金”的程度，所以称为千金堰（堨）[44]。此堨是一座有坝引水灌溉工程。

河内地区。河内在今河南黄河以北地区，有沁河流经其间。此沁水发源山西中部的太岳山东麓，“屈曲周迴，水道九百里。自太行以西，王屋以东，层岩高峻”，在五龙口出山，形成扇形冲积平原，引水灌溉方便。相传沁河水利在秦代就修建有秦渠。东汉元初二年（公元115年）颁布过修理河内等旧渠，“通利水道，以溉公私田畴”的诏书[45]。河内离京都洛阳很近，曹魏时河内经济区的地位上升，设有河内、野王等郡屯田区，当时曾组织“典农部民”大力修复水利，其中对引沁灌溉工程做了较大的改建工作。原来东汉时引渠口设置的是木门，“天时霖雨，众谷走水，小石漂进，木门朽败，稻田泛滥，岁功不成”[46]。引水得不到保证，影响了农业生产。黄初六年（公元225年）左右，野王（今河南沁阳县）典农中郎将司马孚建议改木门为石门，得到批准。由大司农府出人工，从五里外运来方石数万余枚，“夹岸累石，结以为门，用代木门枋”，故石门亦沿习称为枋口。石门建成，利于控制水量，“若天亢旱，增堰进水；若天霖雨，陂泽充溢，则闭防断水，空渠衍劳”[46]。此工程进行了两年才建成。在工程技术上有许多改进，为以后引沁工程的发展打下了很好的基础。

邺城地区。邺城是曹操“王府”（魏公，魏王）所在地，所以重视恢复这一带的农业生产，数次移民于邺，在魏郡设典农中郎将，实施屯田。邺地原有的水利基础较好，战国初年，建有引漳十二渠。但东汉末战乱中漳河水多次被引用攻邺城，而不是用来兴利，因此漳水渠灌区“废堰田荒”[47]。建安年中曹操在经营邺地的



过程中，兴修了天井堰和漳渠堰两项水利工程。

天井堰是对引漳十二渠的修复工程。《水经注·浊漳水》称："昔魏文侯以西门豹为邺令也，引漳以溉邺，民赖其用。……魏武王（曹操）又堨漳水，回流东注，号天井堰。"建成的是多渠首引水工程，其布置和引漳十二渠相似，灌溉面积近十万亩。

漳渠堰是新建工程，在邺城西十里漳水上筑堰。西晋张载《魏都赋注》称："魏武帝时堰漳水，在邺西十里，名曰漳渠堰。"从堰上引漳水从邺城西通过水门流入城，进城后渠道称为长明沟。沟水南流再分为南北二支，"枝流引灌，所在通溉"，东经石窦堰流出城，注入湟水[48]。建安十八年（公元213年）曹操开凿了利漕渠，此时，长明沟可与利漕渠相通，再经白沟，入黄河。因此漳渠堰具有灌溉、航运、城市供水之利等多种功能。

蓟城地区。曹魏据有幽州（治蓟县，今北京城西南）后，东北边境的鲜卑逐渐强大，"数寇边"。为边御需要，曹魏派大将率重兵驻守蓟城一带。该地区灌溉水利战国时已有开发。东汉初，渔阳太守张堪在今顺义县一带引潮白河水灌溉，"于狐奴开稻田八千余顷，劝民耕种，以致殷富"[49]。曹魏齐王时任刘靖为镇北将军，持节都督河北道诸军事。他很有作为，"开拓边守，屯据险要"，重视兴修水利，"登梁山以观源流，相湿水（今永定河）以度形势，嘉武安之通渠，羡秦民之殷富"。通过实地查勘，在嘉平二年（公元250年），派帐下的丁鸿督军士1 000人，在湿水上造戾陵堨，又开车箱渠，灌蓟城南北农田两千顷，灌区内"三更种稻"，开始采用轮作制种稻。到景元三年，樊晨"更制水门"，又延长渠道，自蓟城西北，径昌平，东到渔阳郡的潞县，长四五百里，取得了很好的效益。《水经注·鲍丘水》载有刘靖碑文，碑文称颂戾陵堰灌溉工程："高下孔齐，原隰底平，疏之斯溉，决之斯散，导渠口以为涛门，洒滮池以为甘泽，施加于当时，敷被于后世。"这一工程延续到唐代还在利用。戾陵堰工程从坝址的选择到渠线的布置，都相当合理。

2. 西晋北朝时期。这一时期除西晋短暂统一全国外，其余时期北方战争频繁，灌溉水利失修，仅在相对稳定的时候，于各政权中心地区和战略要地修复了一些灌渠工程。现分地区择主要工程叙述如下：

海河流域。蓟城的戾陵堰工程是曹魏嘉平二年（250年）由刘靖主持兴修的，西晋元康五年（公元295年）六月，暴发洪水，堰毁损了四分之三。据《水经注·鲍丘水》记载，这时由刘靖之子刘弘主持，"亲临山川，指授规略"，组织将士两千人，"起长岸，立石渠，修主遏，治水门"，将工程修复，共用人工4 000余。北魏时又修理蓟城戾陵堰和涿州督亢陂两工程。由于战乱，此二工程"皆废毁多时，莫能修复"。当时水旱不调，缺乏灌溉，"民多饥馁"[50]。北魏神龟二年（公元519年），幽州刺史裴延儁采纳平北府长流参军卢文伟的意见，大加修治。裴延儁亲自督修戾陵堰，"相度水形，随力分督，未几而就，溉田百万余亩，为利十倍"[50]。而督亢陂的修复委托卢文伟管理，修复后也"溉田万余顷，民赖其利"[51]。还促使灌区内的水稻业有了发展。之后，北齐皇建中（公元560～561年），采纳平州刺史嵇晔建议，又修督亢陂，并设置屯田，"岁收稻粟数十万石，



北境得以固赡”[52]。天统元年（公元565年），幽州刺史斛律羡又修治戾陵堰的车箱渠，“导高梁水北合易京，东会于潞，因以灌田，边储岁积，转漕用省，公私获利焉”[53]。渠道延长，灌区有了扩大。东魏、北齐均建都于邺（今河北临漳县西），重视邺地的灌溉水利。东魏天平中（公元534～537年），修建引漳水的万舍渠。此渠前身即战国时的漳水十二渠、曹魏时的天井堰。但万舍渠系单一渠首，渠口在今邺镇西30里的高穴村西北2里的漳河南岸。北齐时称为天平渠。此渠灌溉效益颇大，后来唐代以此为基础，又进一步扩建渠系，成为重要的灌区。东魏兴和三年（公元541年），又发夫五万人修漳滨堰[54]。可能是对曹魏漳渠堰的修复，共修了35天，工程规模不小。

关中地区。前秦、西魏、北周皆建都长安，在关中地区有灌渠工程的修建。前秦苻坚在建元十二年（公元376年）对郑白渠进行改建。《晋书·苻坚载记》称：“坚以关中水旱不时，议依郑白故事，发其王侯以下豪望富室僮隶三万人，开泾水上源，凿山起堤，通渠引渎，以溉冈卤之田，及春而成，百姓赖其利。”将郑白渠渠口移向泾水上游，并对渠系进行全面整修。西魏大统十三年（公元547年）正月又“开白渠以溉田”[55]，重新整治白渠。当年又修成国渠六门堰，这是在武功县西漆水河与成国渠相交处，“置六斗门以节水”[56]大统十六年（公元550年）宇文泰因郑国渠下游段废毁，“乃命（大将军贺）兰祥修造富平堰，开渠引水，东注于洛”[57]。富平堰因位于富平县而命名，大约是在石川河上筑堰，引石川河水东注于洛，以代替石川河东之郑国渠。北周保定二年（公元562年）在蒲州（治今山西永济县蒲州镇）开引黄河灌溉的渠道。在同州（治今陕西大荔县）开龙首渠，“以广灌溉”[58]。此次重开龙首渠，可能将引水口移向洛水下游，未穿越商颜山，故灌溉面积有限。

河套地区。在今宁夏平原修建有引黄灌渠。北魏太平真君五年（公元444年），刁雍任薄骨律镇将（治今宁夏灵武县西南），“督课诸屯，以为储积”。但是原有的渠道缺乏水，不能够扩大种植。他认为：“育民丰国，事须大田。此土乞雨，正以引河为用。”主张引黄河水灌溉。该处有旧渠堰，“乃是上古所制，非近代也”。渠道很古老，由于河床下降，引水困难。太平真君六年（公元445年）正月，刁雍组织四千人，施工四十天，在艾山（青铜峡一带）处重开新渠口，并在叉河筑坝壅水，取得了很好的效益。“溉官私田四万余顷。一旬之间，则水一遍，水凡四溉，谷得成实，官课常充，民亦丰赡。”[59]此渠史书上称为艾山渠，位于今宁夏平原的黄河西岸，灌渠工程的修建在技术上很有特色。

新疆地区。西晋时控制了新疆东部地区，继汉魏建置，在高昌（今吐鲁番东哈拉和卓）置戊己校尉，在海头（今若羌县罗布泊西北岸楼兰遗址）置西域长史。从罗布泊所出简牍表明，晋初，海头附近驻有兵卒，从事戍守耕作[60]。《流沙坠简》卷二《簿书类》第三十七简载：“将尹宜部，溉北河田一顷。”北河，即今塔里木河。《流沙坠简》卷二《戍役类》第三十二简记：“东空决六所并乘堤已至大决中，□五百一人作□增兵。”从此简可知筑堤人夫多至500余，工程有一定的规模，当引塔里木河之水灌溉。

东晋咸和二年（公元327年），前凉张骏开始于吐鲁番盆地置高昌郡，之后，



直至北凉承平十八年（公元460年），高昌一直是凉州或沙州的一个郡。1979年在高昌故城北的阿斯塔那古墓区出土了一批十六国时期的文书[61]，其中有一些水利文书。如《功曹条任行水官文书》是一件有关水利灌溉的资料，文中记载由功曹官条任了十名行水官，由行水官掌握分配民田灌溉用水。又《兵曹下八幢符为屯兵值夜守水事》文书，是反映军屯灌溉用水情况的。又据《西凉建初二年（公元406年）功曹书佐左谦奏为以散翟定□补西部平水事》文书，当时设有平水官，负责水利建设和水利事务。从这些文书可见十六国时期高昌郡水渠众多，管理严密。高昌郡相对内地来说，战争较少，灌溉水利得以进行，同时亦与当地干旱的自然环境有关，还受中原地区先进的灌溉技术和管理制度的影响。

可见，魏晋南北朝时期，灌渠水利在艰难曲折中得到恢复和发展，在改造自然的斗争中，灌渠工程技术仍在不断地进步，如渠道取水枢纽的规划，渠系交叉工程的布置，施工修建技术，灌溉管理等方面都有发展。这一时期由于各族人民的交往、融合，提高了整个中华民族的水利技术水平，这就为唐宋时期的进一步发展打下了基础。

第二节　大型引水渠道工程的技术成就

我国早期大型引水渠道工程漳水渠、都江堰和郑国渠，都创建于战国时期，之后经不断整修，工程逐渐完美。这三大灌渠工程取得的技术成就光彩夺目，是我国水利史上的奇葩，足以引起世人的瞩目。

一、多首制引水工程——漳水渠

漳水渠，又称漳水十二渠、西门渠，建在战国初魏国的邺地。邺县辖境相当于今河北临漳县、磁县南部及河南省安阳县北部。该地处于漳水由山区进入平原的地带，山区水流湍急，进入平原，流速减缓，夏秋暴雨季节，漳河排泄不及，常泛滥成灾。当地土豪和巫婆串通，利用洪灾，兴办祭祀河神的“河伯娶妻”活动，借机横征暴敛。为了经营好这个东方战略要地，魏文侯二十五年（公元前421年）任西门豹为邺县令[62]。西门豹以解除漳水危害为己任，他破除迷信，严惩害民的乡官巫婆，解除了治水的阻力，发动民众兴修漳河水利，“凿十二渠，引河水灌民田，田皆溉”[63]，创建了著名的漳水十二渠。此渠是我国古代明确见于记载的最早的大型渠系引水灌溉工程。

一百余年后，因渠道年久失修，失去灌溉效益。魏襄王（公元前318~公元前296年）任史起为邺令，“引漳水溉邺”，重修了漳水渠。故左思《魏都赋》称：“西门溉其前，史起灌其后。”① 史起引漳水着重于淤灌改良盐碱地。之后，漳水渠一直运行良好，直到汉代元帝时褚少孙补作《史记·滑稽列传》时仍说：“至今皆得水利，民人以给足富。”

---

① 《吕氏春秋·乐成》载有史起引漳溉邺事，且记史起斥西门豹不知引漳。《汉书·沟洫志》只记史起，不涉及西门豹。而《史记·河渠书》及后六十多年褚少孙补《史记·滑稽列传》详述西门豹凿十二渠事。《后汉书·安帝亿》载：元初二年（公元115年）“春正月诏：……修理西门豹所分漳水为支渠以溉民田”。故晋代左思的说法有道理。



漳水渠能够发挥长期的效益，这与工程技术的卓越有很大的关系。

首先，漳水渠渠首位置选择合理。漳水渠渠首工程位于邺城西 18 里至 38 里的河段上。东晋陆翙《邺中记》称：天井堰引邺西漳水，“十八里中细流东注邺城南，20 里中作二十堰（应为十二堰）”。天井堰是漳水渠的重建工程，邺西 18 里为末一堰，上溯 20 里为有堰段，约在今丰乐镇至三户津之间[64]。该段位于漳河出山处，岸基坚硬，河床稳定。渠道引水口设置于此，工程可以稳固。渠首又处于漳河冲积扇的顶上部，可控制较大的灌溉面积，利于自流引灌。

第二，采用分段筑坝，多渠口取水的渠首结构。《水经注·浊漳水》记载：“昔魏文侯以西门豹为邺令也，引漳水以溉邺，民赖其用。其后至魏襄王，以史起为邺令，又堰漳水以灌邺田，咸成沃壤，百姓歌之。魏武王（曹操）又堨漳水，回流东注，号天井堰，二十里中作十二磴，磴相去三百步，令互相灌注，一源分为十二流，皆悬水门。”陆氏《邺中记》云：“水所溉之处名曰晏陂泽。故左思之赋魏都也，谓‘磴流十二，同源异口’者也。”天井堰是漳水渠的复修工程，是按西门渠的遗迹修建的，因此从天井堰的渠首工程结构可推知初建时的状况。

“磴流十二”中的“磴”，唐李周翰注左思《魏都赋》说：“磴，级次，泄水之处，言有十二也。”所以“磴”是梯级，此处指横栏漳河的低溢流堰。20 里中共修了 12 个堰，每磴相距 300 步。溢流堰的作用：一是壅高漳河水位，便于引水。该处河床纵比降大，水流湍急，只有筑坝才能满足渠道引水的水深要求，保证渠道自流进水。二是堰上过水，泄流防洪。雨水季节，漳河洪水从堰上泄流，能保证渠道安全；平常时期，则引水灌溉。

12 座堰可能皆是堆石堰，材料是用块石垒砌而成。如果设堰高为 2 米①，边坡 1:15，则底宽为 60 米，堰长 500 米计算，12 座堰用石近四十万方。加上立水门，开渠道，工程量不算小。故褚少孙补《史记》卷一二六《滑稽列传》称：“当其时民治渠少烦苦，不欲也。”《吕氏春秋·乐成》谓：“邺民大怨，欲藉史起。”可见因工程量大，兴修水利工程的确不易。

“同源异口”，“一源分为十二流，皆悬水门”，即指水源为一个，即漳水，而设有 12 个渠口，12 条引水渠，各渠口设有进水闸。渠口和进水闸设在溢流堰的南端上游。进水闸的设置利于控制引水量的多少，洪水期间可关闭闸门，将过多的洪水挡于渠外。12 条引水渠最后汇总为一条总干渠。见下页图 2－1－2－1。

多首制引水是漳水渠工程的最大特点，这是适应当地地势、水情因地制宜的一种创造。为什么修 12 道堰呢？因为此处漳河坡陡流急，洪水流量大。据现代测量，这段漳河纵比降约在百分之一到二百分之一之间，五十年一遇的流量可达 7 000 立方米/秒。如果集中修筑一座大坝，坝高易冲毁，技术的难度在当时不能克服，而分段修筑 12 座堰，就较易施工和维护。又多道低堰利于削减水能，一道道堰犹如消力坎，能减少水流对河床的冲刷。

兴修 12 条引水渠的好处现分析有以下几点：一是引水渠与溢流堰相配合，利

① 现此段漳水纵比降为百分之一至二百分之一。古代坡度稍缓，设为二百分之一，300 步距离，河床下降近 2 米。



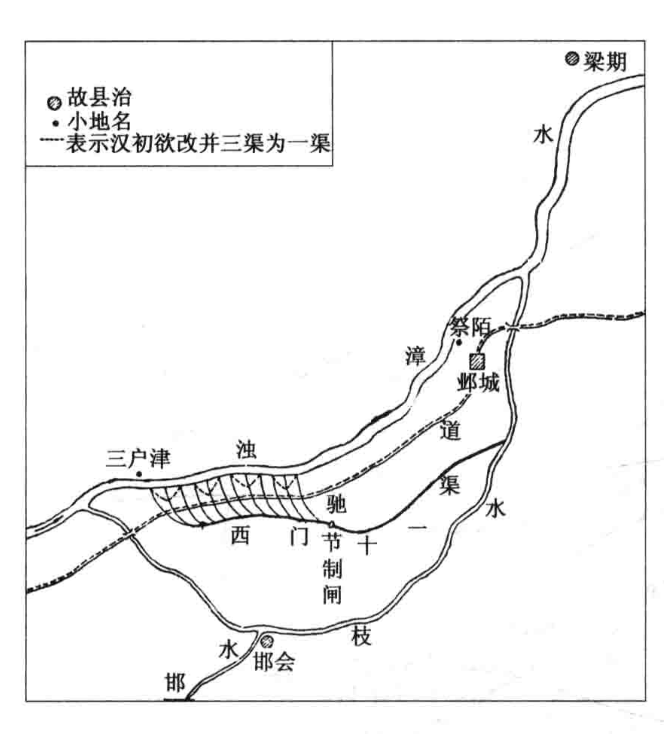


图2-1-2-1　引漳十二渠示意图

于引水。二是可以根据灌区用水量的需要，多开或少开水门，对水量进行调节。三是河流因淤积变化，主溜会产生摆动迁徙，使渠口引水发生困难，而多首制在某一渠口引不进水时，可采用其他渠口引水。四是漳水是含沙量多的河流，引水渠道易于淤积，需要经常清淤。多条引水渠可轮流疏浚淤泥，不会影响灌区用水。

正由于漳水渠多首制引水有多方面的便利和好处，所以渠首布置结构一直无大的改动。到西汉初，因“十二渠经绝驰道”，官吏认为主干道路通过渠道，所修桥梁太多又相近，欲并合三渠为一渠，即并成四渠建四桥，遭到当地老百姓的反对，“以为西门君所为也，贤君之法式不可更也”，终于维持原状。直至曹魏时的天井堰渠首仍是维持12道溢流堰，12个引水口，12条引水渠的布置结构，当时的工程是对西门渠的修复。这说明西门豹主持兴建的漳水渠设计布置合乎科学原理。西门渠开创了引多沙河灌溉的先例，妥善地解决了灌溉与泄洪、引灌与清淤、淤灌与盐碱化改良等问题。我国北方含沙量多的河流较多，漳水渠的工程设计对后世利用多沙河流影响深远。

二、大型系统工程——都江堰

都江堰，古称“湔堋”、“湔堰”、“金堤”、“都安大堰”，到唐代称为“楗尾堰”、“侍郎堰”，南宋以后才专称“都江堰”①。渠道工程位于四川省灌县城西一公里的岷江干流上，距成都60公里，是分岷江水灌溉成都平原的无坝引水工程。见下页图2-1-2-2。

都江堰创建于公元前250年左右，距今已有2 200多年，是中外历史上最悠久的大型水利工程，一直发挥着巨大的社会效益和经济效益。其水利科学技术，在当时处于世界领先地位。这项工程能“经久不衰”，是因为从规划目标，到工程结构、运行控制、维护管理等都体现了系统工程思想，从而创建成完整的、科学的工程系统。这个巨大系统经受了历史的考验，长期处于良好的运行状态，至今犹发挥着巨大的效益。所以都江堰堪称我国最早应用系统思想和方法建成的系统工程的典范。

（一）整体的规划目标

都江堰始建时就不是单一功能的工程，而是具有防洪、行舟、漂木、灌溉等多

① 如《水经注·江水》称：“江水又历都安县……李冰作大堰于此，壅江作堋，堋有左右口，谓之湔堋。……俗谓之都安大堰，亦曰湔堰，又谓之金堤。”《元和郡县图志》卷三十称作“楗尾堰”。另外，《新唐书·地理志六》导江县“有侍郎堰”。《宋史·赵不憙传》云：“永康军岁治都江堰。”



图 2－1－2－2 都江堰渠首工程图

（本图据《水利》（1934 年）第一卷第六期都江堰详图改绘）

目标的工程。都江堰渠首枢纽所在的岷江，发源于四川省松潘县境内的岷山西麓，海拔 3 426 米，江水蜿行于崇山峻岭之间，途中先后接纳若干大小河流，逐渐形成奔腾咆哮的滔滔大河，水势湍急，挟带河石滚滚而下，至灌县出山，这一段流程长 340 公里，流域面积 23 000 平方公里。岷江又南流，经乐山与大渡河相汇，至宜宾注入长江。岷江全长 700 余公里，流域面积 135 547 平方公里。

岷江在灌县出山后，江面突然开阔，从海拔 730 米的高处，奔向一望无际的成都平原。平原呈扇形，以灌县为顶，金堂、成都、新津为底（分别有金堂河谷、华阳河谷、新津河谷），总面积约 8 200 平方公里，地势西北高，东南低，地面坡



降由5‰，渐减至3‰。夏秋水涨，岷江倾泻而下，常常在平原泛滥横流，毁田冲屋，威胁人民的生命安全。洪水退后久不下雨，水源缺乏，又易造成旱灾，一般以春旱和夏旱为多，这就严重影响了农业生产的发展。因此，同水患作斗争，变水害为水利，是放在古代蜀地人民面前的首要任务。

蜀人很早就开始了治水的活动。其先王蚕丛氏、鱼凫氏已组织人民在成都平原从事农耕，但“江水初荡潏，蜀人几为鱼”[65]。生存条件不好，其时可能已有疏排洪水的治水小工程。到杜宇时代，“教民务农”，人口增多，村落增加，治水日益迫切。《蜀王本纪》[66]载：“时玉山出水，若尧之洪水，望帝不能治，使鳖灵决玉山，民得安处。”《华阳国志·蜀志》载：“杜宇教民务农……移治郫邑（今郫县），或治瞿上（今双流县境）。七国称王，杜宇称帝，号曰望帝。……会有水灾，其相开明决玉垒山以除水害。”鳖灵即开明，据说是楚国人，善于治水，所处年代约在公元前六七百年。玉山即玉垒山，“开明决玉垒山”，应是都江堰工程的先导。开明治水获得初步成功，进而取得王位，号曰丛帝。开明时代蜀国的经济发展加快。但当时蜀国尚处于奴隶制阶段，生产技术水平不高，治水采用“决”的手段，是将河流凿宽一些口子以“行水”，使水流宣泄得通畅些①。也即采用“疏导”的方法，使泛滥的洪水归入河道下行，然而未能根本消除岷江洪水对成都平原的危害。

秦国在确定灭七国先灭楚，得巴、蜀有利伐楚的战略方针后，于公元前316年派张仪、司马错等率兵灭蜀、巴。之后积极推行耕战政策和封建制度，派遣张若为蜀守，“移秦民万家实之”，后又继续移民驻兵，使中原先进的生产技术在蜀地大为推广，蜀地的农业生产迅速发展，成都等城市经济也繁荣起来。由于成都平原经济地位的重要和成都城市的发展，兴修综合性的水利工程已成为形势发展的必然趋势，同时在人力、物力、技术等各方面也具备了兴建大型水利工程的条件。

秦昭王后期（公元前256～公元前251年），任用李冰为蜀守。② 李冰“能知天文地理”[67]，通过实地踏勘，进行全面规划，兴修了都江堰水利工程。

从早期记载来看，李冰创建的都江堰功能已经完整，是一项起综合作用的水利工程。

西汉司马迁《史记·河渠书》载：“蜀守冰凿离堆，辟沫水之害；穿二江成都之中。此渠皆可行舟，有余则用溉浸，百姓飨其利。至于所过，往往引其水益用溉。田畴之渠，以万亿计，然莫足数也。”东汉班固《汉书·沟洫志》记载大致相同，只有个别字的增减。

东汉应劭《风俗通》记载“秦昭王使李冰为蜀守，开成都两江，溉田万项”

---

① 开明治水的文献记载，还有如《水经注·江水一》：“江水又东别为沱，开明所凿也。”《读史方舆纪要》卷六十七：沱江下游金堂峡，“相传望帝鳖灵所凿”。也皆是采取疏导的方法。

② 关于李冰任蜀守的年份，《水经注·江水一》引《风俗通》称：“秦昭王使李冰为蜀守。”《华阳国志·蜀志》则说：“周灭后，秦孝文王以李冰为蜀守。”秦昭王五十一年，即公元前256年秦灭周，而且秦孝文王在位仅三天（参见林剑鸣《秦史稿》第348页），故《华阳国志》中秦孝文王应为秦昭王。李冰任蜀守在公元前256年至公元前251年间。也有人认为《华阳国志·蜀志》的“周天后”，意思不清楚，李冰任蜀守应在张若之后，张若公元前314年任蜀守，秦昭王三十年（公元前277年）”蜀守若伐楚”（《史记·秦本纪》），李冰即任为蜀守，即公元前276年后。



（今本《风俗通》缺此记载，此据唐·张守节《史记正义》转引）。

东晋常璩《华阳国志·蜀志》称："蜀守……冰乃壅江作堋；穿郫江、检江，别支流双过郡下以行舟船。岷山多梓、柏、大竹，颓随水流，坐致材木，功省用饶；又溉灌三郡，开稻田。"

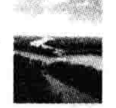
北魏郦道元《水经注·江水一》也说道："江水又历都安县，李冰作大堰于此。壅江作堋，堋有左右口，谓之湔堋。江水入郫江，检江以行舟。"

从以上记载可知，李冰对都江堰水利工程是从大范围内作整体规划的。首要的目标是分洪减灾。在渠首"壅江作堋"；"凿离堆，辟沫水之害"。① 皆是为这一目标而做的工程。通过作堋，分岷江为内、外两江，汛期控制进入内江的流量；又通过凿离堆形成的宝瓶口，控制进入平原河道的流量；并使渠首枢纽有足够的泄洪能力。第二是通航行舟，从灌县开郫江、检江经过成都以利舟运。郫江，今柏条河，在其下游开支流府河，经成都东郊；检江，今走马河，其下游开支流清水河，入成都西郊称为锦江，亦称南江。当时成都是巴蜀的政治、经济、军事中心，人口聚集，所需粮食物资数量众多，平原所产从水路运送入城，费省而方便，还便利了沿途城乡交通。经成都的舟船，下可通乐山，至宜宾入长江，直通长江中下游地区。第三是沿水漂木。灌县以北岷山地区出产大量竹木，从陆路搬运非常艰辛，而扎成木筏随水流漂下，可一直运送到成都，供城建需要。第四是灌溉田畴。从离堆宝瓶口以下开有郫江、检江渠道，在湔堰上开有羊摩江[68]（今羊马河）渠道，以这些为干渠，灌溉相当于汉代时的蜀（治今成都市）、广汉（治今广汉县北）、犍为（治今彭山县东）三郡农田，"溉田万顷"，扩大了水稻田面积，产量大为提高，获得了显著的效益。

都江堰工程如何达到分洪、航运、灌溉等综合效益呢？主要是通过充分利用自然地理条件，合理巧妙地布局设施来实现的。首先，渠首枢纽工程选在灌县岷江出山口处，此处位于扇形的成都平原的最高点，海拔高程为 730 米（鱼嘴处）。而位于冲积扇底线三个低洼出口，金堂县高程为 440 米，成都市高程为 495 米，新津县高程为 457 米。这样既能控制奔腾横溢的岷江，消除洪水对成都平原的危害，又能居高临下，将岷江水自流灌溉到扇形平原各处。就是龙泉山以东的丘陵地区，其田面高程在 380 ~ 500 米之间，如将所引都江堰之水越过龙泉山脉，也能自流灌溉这片丘陵地区。其次，岷江水资源颇为丰富。渠首处多年平均流量为 496 立方米/秒，多年平均径流量为 155 亿立方米，而且岷江水量年际变化很小，丰水年和枯水年与多年平均径流总量相差仅 7% 左右，因此能充分满足灌区对水资源的需求。再次，通过"壅江作堋"，"凿离堆"，"开成都二江"，岷江水从鱼嘴分水，宝瓶口引水，穿过成都的二江，这二江既是行舟、漂木的航道，又是灌溉的渠道。这样都江堰不仅能除害，还能兴利。

因此，都江堰工程是在了解自然地理状况，适应社会经济需要，掌握水利施工技术等各种条件的基础上，做了整体的规划布局，"乘势利导，因地制宜"，统筹

① 《史记·河渠书》所指离堆，应为灌县离堆。因司马迁实地考察，"西瞻蜀之岷山及离堆"，是指都江堰离堆。又此处沫水不是指大渡河，而是指今灌县岷江，见《蜀中广记·边防》等记载。



兼顾多项目标，避害兴利，故而使建成的工程系统趋向良性循环。总体效益达到："蜀沃野千里，号为陆海，旱则引水浸润，雨则杜塞水门。水旱从人，不知饥馑，时无荒年，天下谓之天府也。"[67]表明是一个非常成功的系统工程。

（二）科学的工程结构体系

都江堰工程系统由渠首枢纽工程和分布于灌区的网状渠系组成。渠首工程又由分水、泄洪和引水三大主体工程和许多附属工程组成，这是都江堰工程系统的核心，在巨系统中起着举足轻重的作用；渠道工程由许多子系统组成，一系列的渠道工程与渠首工程相配合，以使系统发挥最大的效益。

1. 渠首枢纽工程。渠首工程虽经历代的多次改进，逐步完善，一些设施位置也有变动，但其主要结构及基本格局，经受了长期的考验，无根本改变，始终保持相对的稳定性和历史的延续性。由于早期历史记载的简略，我们难以详细了解初建时的工程状况，但后代的基本工程结构应导源于战国创建时期。

都江堰枢纽工程，主工由鱼嘴分水堤、飞沙堰溢洪道、宝瓶口引水口三部分组成。三大主体工程通过合理布局，相互配合，联合运行，对分水、泄洪、排沙和引水起关键性作用，使都江堰成为无坝引水工程的典型范例。

鱼嘴也叫分水鱼嘴，是利用岷江江心天然沙洲为基础，人工加以修筑的分水堰，即《华阳国志·蜀志》中所说李冰"壅江作堋"的"堋"。堋是用竹笼卵石砌成。蜀地在李冰修都江堰之前已采用竹篾编络，内填卵砾石垒筑堰坝了[69]。李冰继承前人治水技术，"破竹为笼，圆径三尺，长十丈，以石实中，累而壅水"。[70]因大堰的前端形状与鱼嘴巴相似，故而叫做鱼嘴。鱼嘴修筑的地点，历史上几经变动，但其功能基本相同[71]。

鱼嘴修在岷江急流河槽中，起分水、分沙和一定的抬高水位的作用，古人称之为"壅"。从技术的发展来说，治水的方式已由小范围的"堤防"和"疏导"，飞跃到大规模的"壅"。鱼嘴砥柱中流，将岷江分成左右二支，右支称外江（南江），是岷江正流；左支称内江（北江），主要供灌溉、航运之用。鱼嘴起分水、分沙作用，是因其位置选择适当。在鱼嘴上游800米处有河心滩，随上游流量大小的改变，水流的形态和主流位置皆起变化，致使鱼嘴具有一定程度的调节内外江分流比和分沙比的作用。通过分水的作用，实现"分四六，平潦旱"的最佳总体目标。枯水季节，鱼嘴前露出滩地，水流分股，主流在右岸，经马脚沱护岸阻挡又折回左边，直奔内江口而来，内江处于"正面取水"的流势，内江引水约占六成，外江分水约占四成。这时正当春耕用水时期，灌区需水量大，这就能满足灌溉需要，不致发生旱灾。洪水季节，鱼嘴上游的河心滩淹没，岷江主流直奔外江，水的分配比例倒了过来，内江只有四成，而外江分洪约占六成，能将大部分水量排入外江，使灌区不会引入过多水量发生水灾。这一调节分流比的作用，已为现代实测资料所证实：当岷江流量小于500立方米/秒，内江分流比接近60%；当岷江流量大于5 000立方米/秒，内江分流比接近40%[71]。这就起到了"平潦旱"的作用。鱼嘴的这一作用早在《水经注·江水一》所引任豫《益州记》中即有记载："江至都安（今灌县），堰其右，捡其左，其正流遂东，郫江之右也。"就是讲的筑分水堰，解决成都平原枯水期的水源，以及汛期的防洪问题。



鱼嘴还具有分沙的作用。岷江水流挟带有大量的悬移质和推移质。悬移质年平均达845万吨，推移质年平均约150万吨，总计每年平均输沙约500余万立方米。因鱼嘴以上是两汉相会的河道，而主流在外江一侧，外江主槽深，坡降大，流速亦大，推移质卵石主要沿外江主槽运行，因此形成外江排沙多，内江进沙少的状况。根据1975～1980年共30次的实测，当岷江来水量在1 300立方米/秒以上，平均有总量85%的推移质随主流排入外江[72]。当岷江流量小于1 300立方米/秒时，水流通过洲滩分股，右岸主流产生弯曲水流，使内江口处于"正向取水"，外江处于"侧向排沙"的有利水势，据试验资料，约有70%以上的推移质排入外江[71]。可见鱼嘴对岷江分水比和分沙比皆起着显著的调节作用。

飞沙堰是内江的旁侧泄洪道，在虎头岩对面的内江右岸，紧接鱼嘴分水堤的尾部，起泄洪排沙作用。古代用竹笼装石垒砌成低堰。现堰身长240米，上距鱼嘴700米，下距宝瓶口约200米，比内江河床高2米。

飞沙堰的泄洪作用很大。由于岷江上游的洪峰一般都在3 000立方米/秒以上，经鱼嘴分流后仍有很多的流量入内江，如按40%计，则有1 200立方米/秒以上的流量进入内江，大大超过宝瓶口许可进入的最大值（现内江灌区需要流量为380立方米/秒）。当内江水流至虎头岩后，水势一折向南，扑向右岸，古人于此作堰，堰的高低根据宝瓶口水位的要求而定。当内江水量超过需要时，水从飞沙堰顶溢入外江。内江流量越大，飞沙堰排洪作用也越大，遇百年一遇的洪水，能泄出内江流量的75%以上。遇特大洪水时飞沙堰被冲溃，这时起非常溢洪道的自动控制作用，反而可以确保内江灌区不受灾。因此飞沙堰与宝瓶口配合运用，就保证了内江灌区水少时不缺水，大水时不成灾。

飞沙堰的排沙作用也惊人。岷江洪水挟带大量的悬移质和推移质，经过鱼嘴时，大部分排到外江，但平均每年还有几十万吨沙石进入内江，这主要靠飞沙堰来排除，否则就会淤塞灌区的堰口和渠道。飞沙堰在溢流过程中，同时挟带内江的大部分沙石排入外江，其排沙效果随飞沙堰分流比（过飞沙堰的流量与内江流量之比）的增大而增加。当飞沙堰分流比达到近20%时，飞沙开始；分流比达40%时，分沙比达70%左右。飞沙堰甚至能把重1～2吨的卵石从内江翻到外江。

飞沙堰的排沙原理，一是弯道环流的作用。水流进入内江后，主流沿左岸走，在凸向河心的虎头岩前形成弯道，由于离心力的作用，凹岸水位壅高，凸岸水位降低，形成横向坡降，二者产生的合力，形成水流横向环流，表层水流向凹岸，底层水流向凸岸，所以内江左侧表层水直冲虎头岩，底流转向飞沙堰，成螺旋形向前流动，底沙即被横向底流排出飞沙堰。二是"正向取水，侧向排沙"的作用。当水流向侧面的飞沙堰分水时，由于河中水流弯转的影响亦产生横向环流，带有推移质的底层水流大量地从飞沙堰排出。飞沙堰的排沙效果特别显著，就是在"弯道环流"和"正面取水，侧面排沙"两种流态共同作用下完成的。可见古人布设飞沙堰排沙，完全符合现代水力学原理。见下页图2－1－2－3。



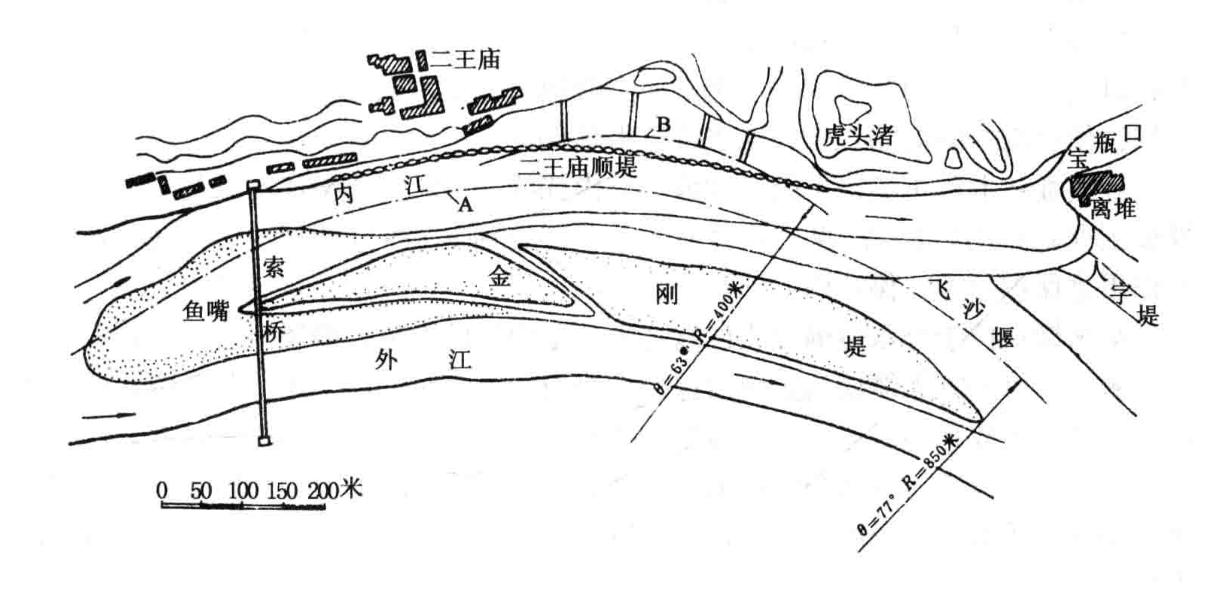


图 2-1-2-3　虎头岩前内江河势图
A—修二王庙顺堤后水流中心
B—修二王庙顺堤前水流中心
（采自《都江堰》一书）

宝瓶口是将玉垒山（亦称湔山）凿开一个缺口，宽约 20 米，高 30 米，长 100 米，以作为内江灌区的总进水口，因形如瓶口而得名。《史记·河渠书》称，李冰“凿离堆，辟沫水之害”，应是利用玉垒山的天然缺口加以开凿扩展而成。离堆式的这种孤山在四川比较多。李冰利用这一有利的地形，“因势利导”，开凿出了既深又狭窄、坚固的渠口。都江堰经久不坏，实与宝瓶口有很大关系。

宝瓶口的作用：一是引水，以供下游灌溉、漂木、航运和居民生活用水。由于引水口设于弯道凹岸顶点稍下游处，宝瓶口引进的多为表层清水，不易淤积。二是控制进入内江灌区的水量。宝瓶口未设闸门，然而对流量仍实行了较好的控制。岷江流量越大，引入宝瓶口的流量比例越小。宝瓶口的这种自控能力，是通过自身的截面、离堆的壅水以及人字堤的泄洪三者之间配合作用完成的。1979 年实测内江水位线说明，当内江流量为 587 立方米/秒时，离堆前还不出现壅水，因为这时内江流量 20% 被飞沙堰翻走，宝瓶口的截面还可引进 80% 的流量，截面控制尚不起作用。内江流量再提高，到达宝瓶口的水流更多，截面就容纳不了，于是壅水产生，人字堤开始泄洪，自行达到对流量的控制，[73]不致威胁下游灌区的安全。三是具有控制泥沙的作用。宝瓶口前产生壅水现象，还对飞沙堰的排沙和凤栖窝一带的沉沙起良好作用。当内江流量超过 1 000 立方米/秒时，离堆前的壅水形成环流，离堆附近的底流反向而行，使内江飞沙堰以下的底流速显著降低，大量推移质不能继续前进，大部分由飞沙堰排出，一部分沉积在凤栖窝一带的内江河段，来年岁修时用人工清除。

都江堰渠首除上述三大主体工程外，还有百丈堤、金刚堤、平水槽、人字堤等附属设施。它们与主体工程配合，起辅助作用。



百丈堤：位于岷江左岸，上起观音岩，下至内江河口上游，因长百丈而名。用竹笼装卵石筑成。百丈堤的作用是使鱼嘴上游岷江左边的凹岸变成直岸，使江水顺流，以利鱼嘴分水和排沙。洪水期，使主流指向外江，减轻洪水对鱼嘴的冲力；枯水期，使主流指向内江，内江取水量可得到保证。

金刚堤：上起鱼嘴，下至飞沙堰。靠内江的一侧叫内金刚堤，靠外江的一侧叫外金刚堤。《水经注·江水三》已有"金堤"之称，说明金刚堤的历史相当悠久。其作用是保护鱼嘴，保证内、外江分流。

平水槽：位于分水鱼嘴和飞沙堰之间，是内江的头道旁侧溢流堰。其作用一方面是溢洪，另一方面能使内江中段保持一个较低的水位，这个水位与鱼嘴水位之间的落差又产生较高的流速，对飞沙堰排沙有利。

人字堤：位于飞沙堰与离堆间，因堤形如"人"字而得名。作用是护岸兼溢流，是内江的第三道旁侧溢洪道，与宝瓶口、离堆和飞沙堰配合运行，控制内江的洪水量。

都江堰渠首工程充分利用了天然的地理条件，合理地布设主体工程和附属工程，互相配合，联合运行，成功地解决了分水、引水、防洪、排沙等许多复杂问题。尤其是系统对流量、含沙量进行了良好控制，其控制是通过鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口三级运行自控达到的。由于都江堰工程是一个开放系统，一年中水量变化很大，当灌溉季节来水量较小时，按"四六"分水不能满足需要，古人就采用杩槎封堵部分外江，增大进入内江流量；当汛期洪水量过大时，又用杩槎封堵部分内江，减少进入内江水量。因此杩槎在系统中起可变的微控作用。

古人判别都江堰渠首工程运行状态良好与否，即系统工程整定值的确定，是通过水则来衡量的。《华阳国志·蜀志》记载："于玉女房下白沙邮作三石人，立三水中，与江神要：水竭不至足，盛不没肩。"[74]据分析，李冰初建工程时分水鱼嘴位于白沙河口附近，当时在白沙邮立三个石人，主要作用是衡量水位的高低，已认识到水位在石人脚，灌溉不足，灌区会受旱；水位达石人肩，进入内江水过多，灌区会受淹。这时要采取一些工程措施，使水量达到整定值的范围。东汉时造的三石人已发现有二[75]。其中1974年3月修建外江闸时，在外金刚堤之西、安澜索桥之南的外江河床中发掘中的一个石人，高2.9米，肩宽0.96米，石像上刻有铭文："故蜀郡李府君讳冰"，"建宁元年闰月戊申朔廿五日都水掾尹龙长陈壹造三神石人珍水万世焉"。东汉时的三神石人与李冰作的三石人作用是否相同，还需进一步研究，但必然有一定的承继关系。

宋代，把水则直接刻到宝瓶口旁边。《宋史·河渠志五》记载："离堆之趾，旧镵石为水则，则盈一尺，至十而止。水及六则，流始足用，过则从侍郎堰（飞沙堰）减水河泄而归于江。岁作侍郎堰，必以竹为绳，自北引而南，准水则第四以为高下之度。"元代水则刻于斗犀台下崖壁上共11画。《元史·河渠志》称："水及其九，其民喜，过则忧，没其则则困。"

现今水则设于宝瓶口左岸壁上，共24画。春耕用水，20世纪50年代以前要求水位到13画；60年代以后灌溉面积扩大，要求水位到14画。汛期警戒水位为16画，这时就需采取防洪措施。



2. 渠道系统工程。渠道系统分为内江、外江两个分系统。都江鱼嘴将岷江分为内、外两江。内江古代又称“北江”，过宝瓶口后，在仰天窝建鱼嘴，将内江分为走马河和蒲阳总河，以下太平鱼嘴复将蒲阳总河分为蒲阳河和柏条河，形成内江系统的三大干渠；外江古代又称“南江”，亦建有分水鱼嘴，外江左岸有江安河、杨柳河二条干渠，右岸有沙沟河、黑石河、羊马河三条干渠。以上八条干渠是历史上逐步形成的。早期的干渠，内江开有郫江（今柏条河）、检江（走马河）及蒲阳河，[76]外江开有羊摩江（今羊马河）。干渠以下又通过鱼嘴分成多级子系统的水渠，构成扇形平原河网，组成一个庞大的渠道系统。西晋左思《蜀都赋》描绘成都平原渠系时写道：“沟洫脉散，疆理绮错，黍稷油油，粳稻莫莫。”当时平原河网已经完善。见图2－1－2－4。

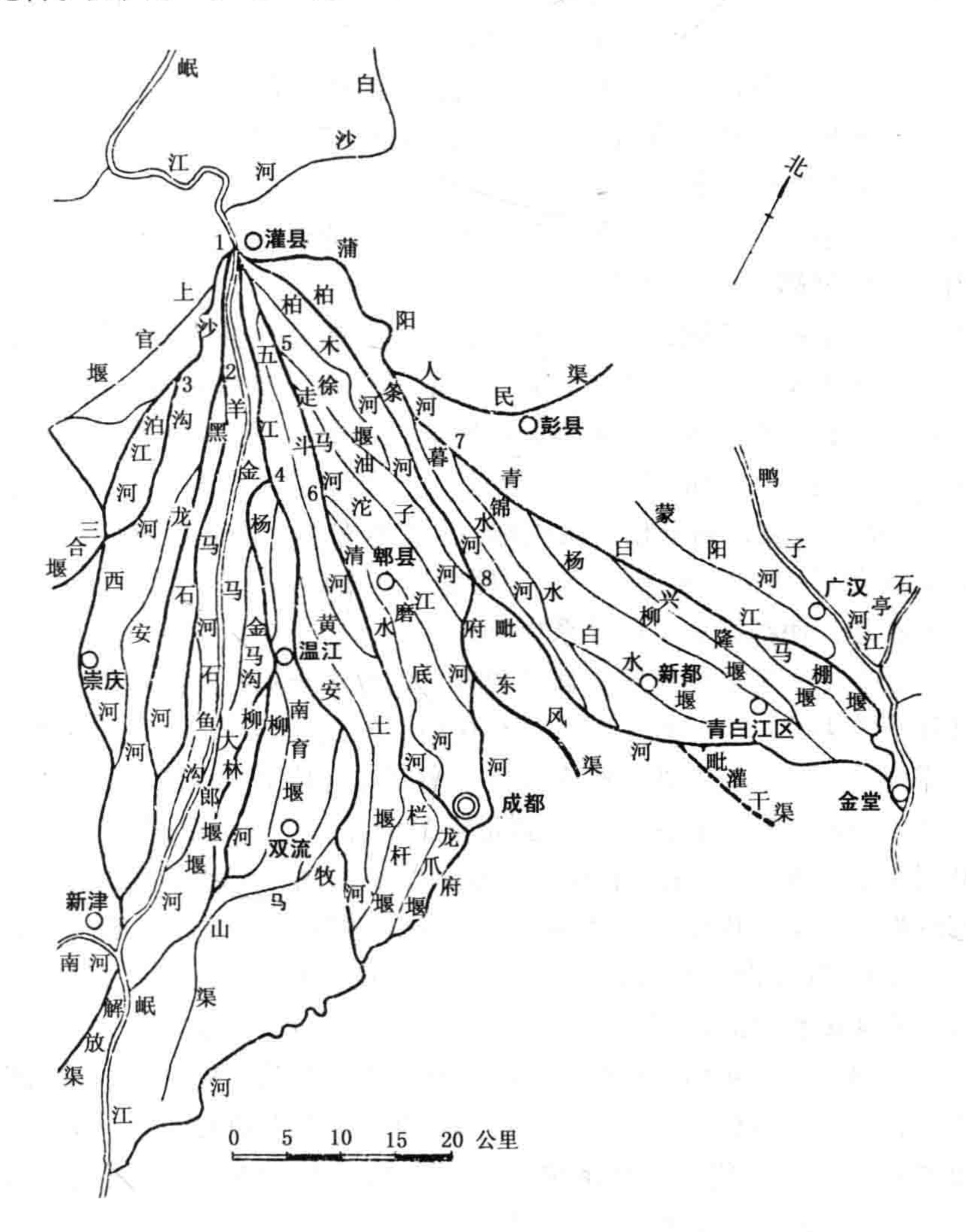


图2－1－2－4　都江堰老灌区系图

（采自《都江堰》一书）

1. 漏沙堰　2. 布袋口　3. 二江桥　4. 骆家滩

5. 徐堰河口　6. 两河口　7. 锦水河口　8. 石堤堰

历史上都江堰干、支渠的分水口，都仿效渠首的工程布局，采用鱼嘴分水，湃水坝侧面泄洪排沙，进水口布设在凹岸的格局，达到分水、分沙、引取清水的要求。整个灌区的分水工程实为一系列的分水鱼嘴系统工程，在水量和输沙率的分配，取水和泄洪的调节方面，都以渠首枢纽为模式。

都江堰灌区中的干渠都是天然河道，支渠以下多为人工开凿，或利用天然河道加以疏凿而成。由于灌区地势西北高，东南低，各级渠道也是由西北流向东南。渠道的特点是灌排兼用，既引水灌田，又排汛期洪水；既要行水，又要输沙。渠道采用灌排兼用，是因成都平原地面坡降较大，灌溉引水方便，排水下泄迅速；地层透水性较强，地表水易入渗，不会产生土壤盐碱化问题。灌排兼用的好处是可以减少渠道占用的土地面积，下游渠道还能接纳上游渠道的回归水加以利用。整个灌区排水顺畅，灌溉余水又排入下游岷江。

都江堰不仅有科学的渠首引水枢纽，还具有相配套的渠道系统，构成了完整的工程体系，从而可将岷江水输送到平原各处，达到“水旱从人”的良好灌排效益。

（三）完善的维护管理

都江堰工程系统经久不衰，始终保持工程系统的整体性和可靠性，还有一个重要的原因，就是对都江堰不断进行维护管理。

首先，非常重视都江堰的维护管理，设有专职的管理机构和官员。历代统治者认识到“国以民为本，民以食为天，食重则农重，农重则水利重，水利重则堰生”的道理，把维护管理都江堰提到相当的高度。汉代蜀郡设有都水掾，都江堰所在地的湔氐道“长”也有维护都江堰的职责[77]。三国蜀汉设有专职人员和堰官守护。《水经注·江水一》载，蜀丞相诸葛亮称：“此堰农本，国之所资，以征丁千二百人护从，有堰官。”晋置“晏官令”，专理堰事。之后各代皆有官员负责维护都江堰，并不断扩建，使都江堰工程体系更臻完善。

第二，建立了一套岁修制度。都江堰渠首的分水鱼嘴、飞沙堰虽然将大部分泥沙输到外江下游去了，但仍有一部分沉积在内、外江及渠道中，无法达到自然的冲淤平衡，需要采用人工清淤的办法来保持平衡完好。特别是内江河床凤栖窝一带的淤积，如果不清除，来年春灌就引不到足够的流量。因此，都江堰每年枯水季节（当年 10 月至次年 4 月），采用竹笼、杩槎依次切断内、外江水流，进行筑堰、淘淤，整修内外江河道、堤岸，称为岁修。据说李冰曾在凤栖窝河床内埋设二头石犀[78]，后代则并排埋设三根卧铁，每年岁修见到卧铁即是达到了最佳淘淤深度。淘挖过浅，则河床相对高，明年引水量会缺少，灌区可能发生旱灾；过深，工程量大，且河床相对低，明年引水量过多，灌区可能发生水灾。同样，飞沙堰修筑的高度也有要求，堰不宜筑得太高，以免影响飞沙堰的排洪和排沙效果；低到满足内江灌溉水位的要求。如宋代，灌溉水位要求达六则（共十则高），所筑飞沙堰的高度，以竹为绳，从筑堰处引到水则，“准水则第四以为高下之度”（《宋史·河渠志五》），这时进入灌区的水量和水的含沙量都能达到要求。于是就形成了“深淘滩，低作堰”和“水画符，铁桩见”的岁修标准。

第三，维修管理费用低廉。岷江上游和都江堰地区盛产竹子、木料，当地又有取之不尽的卵石。古代都江堰工程的各项设施都用当地竹、木、卵石材料建成



（见《华阳国志·蜀志》、《元和郡县图志》卷三一），因此维护费用特别低廉，技术要求较易掌握，施工较为简便，这是都江堰得以长期坚持维修，保持系统良好运行的又一个重要因素。

可见，都江堰工程系统具有整体的规划目标，科学的工程结构，良好的运行控制及完善的维护管理，因此，始终能保持“经久不衰”的良好状态。从灌区来说，历代还不断地进行扩建，使灌溉面积逐步扩大。李冰创建都江堰时，“溉田万顷”（东汉·应劭《风俗通》）。西汉景帝时文翁任蜀郡守，“穿湔江口，溉灌繁田千七百顷”（《华阳国志·蜀志》），使灌区向东北发展。东汉时在广都县（今双流县）开凿一条长二十多里的渠道，引郫江水灌溉望川源（今牧马山高台地），使灌区向成都西南方向发展。唐代，“决唐昌（今彭县西南）沲江（即沱江），凿川派流，合堋口埌岐水，溉九陇、唐昌田”（《新唐书·地理志六》），灌区又向平原西北发展。至清代灌溉十四州县之田。新中国成立后到1994年灌溉面积已突破1 000万亩。都江堰的建成实在是开了我国运用系统思想修建工程之先，在科技史上写下了光辉的一页，对我们今天兴建灌溉工程也有重要的启示作用。

三、大型渠系灌溉工程——郑国渠

郑国渠，位于陕西省关中平原北部，是我国古代修建的最长的灌溉渠道，水源引取渭河的支流泾水，创建时渠首工程属无坝引水类型。

郑国渠始建于秦始皇元年（公元前246年），是韩国水工郑国主持建造的，故命名为郑国渠。这是当时政治经济形势发展的产物。战国后期，秦国日益强盛，不断向东方各国进攻，韩国首当其冲。公元前249年，秦攻取了通向东方的重要城市韩国的成皋和荥阳，建立三川郡。公元前247年，秦又攻克韩之上党。在秦的强大攻势下，韩国为保存自己，遂使用“疲秦”之计，派水工郑国赴秦，劝说兴修大型灌溉工程。由于关中雨量较少，经常发生旱灾，又存在大片的盐碱地，农业产量很低。为把关中建成稳固的经济基地，支持统一大业的完成，秦国决定兴建引泾灌溉渠道工程。经十多年的努力，终于将这个大型工程建成。

《史记·河渠书》有对兴修郑国渠工程的简略记述：“韩闻秦之好兴事，欲罢之，毋令东伐，乃使水工郑国间说秦，令凿泾水自中山西邸瓠口为渠，并北山东注洛三百余里，欲以溉田。中作而觉，秦欲杀郑国。郑国曰：‘臣始为间，然渠成亦秦之利也。’秦以为然，卒使就渠。渠就，用注填阏之水，溉泽卤之地四万余顷，收皆亩一钟。于是关中为沃野，无凶年，秦以富强，卒并诸侯，因命曰郑国渠。”《汉书·沟洫志》记载基本相同。由此可知郑国渠干渠长达300余里，其长度在古代的渠道工程中非常突出。渠道灌溉效益显著，“溉泽卤之地四万余顷”，约合今115万市亩①，灌区规模相当宏大，是古代了不起的灌溉工程。郑国渠如何解决水源、泄洪、防沙、长距离引水、渠道与溪谷相交等工程问题呢？当时工程技术取得

---

① 商鞅变法改百步小亩为240步的大亩，但这时大亩制的实际意义只是减轻赋税、鼓励垦荒和扶植中小地主，统计和分配土地仍用小亩制。《商君书·徕民》记载：“地方百里……恶田处什二，良田处什四，以此食作夫五万。”仍然是按每个（夫）一百小亩的标准规划的。所以秦统一全国度量衡以前，地亩仍用小亩制，一亩等于今0.288市亩。另外，如按大亩制，则四万余顷灌溉面积，合今276市亩，据今人研究，泾水水量远达不到灌溉如此多的面积。



了哪些成就呢？通过今人勘查调查，结合文献记载可归结为以下几方面：

（一）渠首的位置选择合理

郑国渠所引水源为泾水。泾水发源于甘肃省平凉县西南的六盘山泾谷，东南流经泾川县及陕西长武、彬县、淳化，奔流在黄土高原弯弯曲曲三百余里，至仲山峡口始出山进入平原地区，于高陵县入渭河，全长396.8公里。引泾渠口以上流域面积为43 126平方公里。郑国渠渠首段，“自中山西邸瓠口为渠”。据唐代《括地志》记载：“中山即仲山，在云阳县（今泾阳县西北云阳镇）西十五里。”瓠口是一个薮泽的名称，《尔雅》说是“焦获泽”。古焦获泽在今三原、泾阳诸县间，后成为沮洳地[79]。就是说，郑国渠渠首段起自今泾阳县西15里处的仲山，止于焦获泽的西头，在古瓠口地带泾河大湾道附近。1986年8月泾惠渠管理局组织专人在历代引泾渠首地段，普遍做了一次勘查调查，在泾阳县五桥乡上然村（黑石头湾）西北约一公里，泾河大湾道凹岸，发现渠口数面两处。上游的一处距今泾惠渠进水闸基点约4 850米，上口宽19米，底宽4.5米，渠深7米；下游的一处距基点约4 950米，上口宽20米，底宽3米，渠深8米。两处渠口相距百米[80]，渠长各300余米。这种渠首工程的布置是颇为合理的。

一是渠首选择的位置高，可以控制整个灌区，实行自流灌溉。渠首段设在泾水出山峡处，水流减缓，便于引水。地势又高于渭北平原，可“一泻千里”。秦以后历代的渠口都是设在这一带，可证明郑国渠选址的确当。二是渠首的引水口，设置在泾水出山峡后弯段河道的凹岸顶点下游，这有利于取水防沙。由于弯道作用，河流主槽在凹岸处，流速大，进水量多，即使在枯水期泾河水的主流仍接近引水口，水易于入渠。泾河含沙量大，从防沙入渠来说，把取水口布置在河弯凹岸顶点下游的地方亦最为适宜。三是设置两条引水渠利于引洪灌溉。据分析，两渠口相距100米，而高差相差不大，很可能是多首引水。因郑国渠在洪水期引浑灌溉，引水口易淤积，故采用多首，以加大引洪量和便于清淤。四是引水渠口设有退水渠。在船头村西北，有秦、汉退水渠遗迹，宽度与引水渠基本相等[81]。设置退水渠，可将渠口所引过多的水，再退入泾河，不至冲刷下游渠道，还起兼排泥沙的作用。

对于渠首引水的方式，即郑国渠兴建时是否建有拦河大坝，学术界有三种不同的意见。第一种意见认为建有拦河土石坝形成水库蓄水。1986年7月3日《文汇报》首先报道说：发现了郑国渠拦河大坝。《水利史志专刊》1990年第1期刊登的《我国社会主义制度与坝工》一文中说：“在我国乃至在世界坝工史上最有影响的水坝是我国战国末期的建于泾水上的郑国渠大坝，公元前246~236年建，坝高30米，创造了当时土石坝高度的世界纪录，现在被认为是世界第一座土石大坝。郑国渠大坝坝高的纪录在保持了1364年后，才在日本出现了高32米的大纹池坝，此后再372年，才在印度出现了高33米的木达克马苏尔坝。国外文献提出郑国渠渠首有30米高的大坝，源出于李仪祉论文。近年来经考古发现，笔者亦做过实地调查，确证渠首有坝，且大部分遗址尚存，坝长2 300米左右，河床部分的坝体（早已毁废）长350米左右，高30米。”第二种认为建有石囷坝抬高水位引水。《文物》1974年第7期中载有秦中行《秦郑国渠渠首遗址调查记》一文，首先提出了此观点。1996年《考古与文物》第3期刊登了郑洪春《略论秦郑国渠汉白渠龙首渠的



工程科学技术》一文，文中说："郑国利用瓠口有利地形作石堰坝，其目的在于提高水位，堵截泾河水入渠。……拦河堰坝的修筑就地取材，利用泾河河床原有的从北山冲下来的大石头作堤坝，采取的方法是立石囷壅水。"第三种认为是无坝自流引水。原泾惠渠管理局局长叶遇春说："郑国渠创建时采用无坝引水"，"符合郑国所处的历史背景和条件"，"符合严谨可靠的历史记载"，"与现场遗迹一致"[82]。

根据文献记载、现场遗址和水利特性等情况判断，我们认为郑国渠应为无坝有流引水。《史记》、《汉书》均记载：郑国渠首"凿泾水……自中山西邸瓠口为渠"。用的是"凿"字，而不是"拦"或"截"。《水经注·沮水》记载更加明确："凿泾引水，谓之郑渠，渠首上承泾水于中山西瓠口。"也记为"凿泾"，而且是"上承泾水"，直接从泾河引水，而不是从库中引水，是引浑淤灌，而不是建库蓄水"引清"灌溉。郑国渠渠首建石囷滚水坝的说法，首见于明代三原县令张缙彦《修泾渠议》[83]。又明末泾阳知县袁化中《议洪堰》（康熙《泾阳县志》卷四《泾渠条陈》）说："（郑）国至秦北山下视泾河巨石磷磷，约三四里许，而泾水流于其中，堪以作堰，于是立石囷以壅水，每行用一百余囷，凡一百二十行，借天生众石之力以为堰骨，又恃三四里众石之多以为堰势。故泾流于此不甚激，亦不甚浊，且堰高地下，一泻百里，东收洛水达于同州。"然而据记载，唐宋之际泾渠首才筑有拦河坝，120 行石囷滚水坝则是元代的制度，所以张、袁两人自是猜测之词，不能为据。近代李仪祉所说是将自己的设计思想和明代人说法结合起来发表的议论，并非史实。至于长 2 300 米的郑国渠大坝，调查后确认，这是 1975 年平整土地时，将郑国渠在惠民桥以东的 1 500 余米古渠遗址，削岸填渠，平成宽约 150 余米的条形台地，而非挡水土坝和拦河土坝。如按建大坝之说，那么建成的大坝之内三角形库区蓄水面积不到二平方公里，有效库容约 500 ~ 600 万立方米。而泾河的年径流量近 20 亿立方米，这个水库只能蓄泾河三至五天的常流量（15 ~ 30 立方米/秒），对百余万亩的灌区起不了多大的调节作用，即这个水库只能盛一次中常洪水量的百分之几，其百分之九十多的洪水要排泄掉，这很不合理。况且现场也找不到泄洪设施遗迹，同时，郑国渠渠口及渠首段故道皆在所谓的库区内，这是不可能并存的。因此郑国渠兴建时未建拦河大坝，采用的是无坝引水方式。

渠首是否要建坝，由河流水位、引水口高程、灌区面积等因素决定。如河流水位能满足渠口引水的要求，则不筑坝可节省工程量。因郑国渠是在特定的历史环境中修筑的，要求渠道修建速度快。当时采用了取水结构相对简单、工程量少的无坝引水方式，在技术上更易掌握。由于正确地选择了取水口位置和引水渠布置方案，因此能顺利地将泾水引入灌区。

郑国渠渠口的使用时间大约有 150 年。由于泾河河床的下切，渠道引不上水。西汉太始二年（公元前 95 年），赵中大夫白公又另建白渠。《汉书·沟洫志》载："穿渠引泾水，首起谷口，尾入栎阳，注渭中，袤二百里，溉田四千五百余顷，因名曰白渠。民得其饶，歌之曰：'田于何所？池阳谷口，郑国在前，白渠起后。举臿为云，决渠为雨。泾水一石，其泥数斗。且溉且粪，长我禾黍。衣食京师，亿万之口。'"池阳治今泾阳县西北，谷口应指泾水出山峡处一带，说明白渠渠口更靠近山口。《水经注·渭水》称："穿渠引泾水，首起谷口，出于郑渠南，名曰白



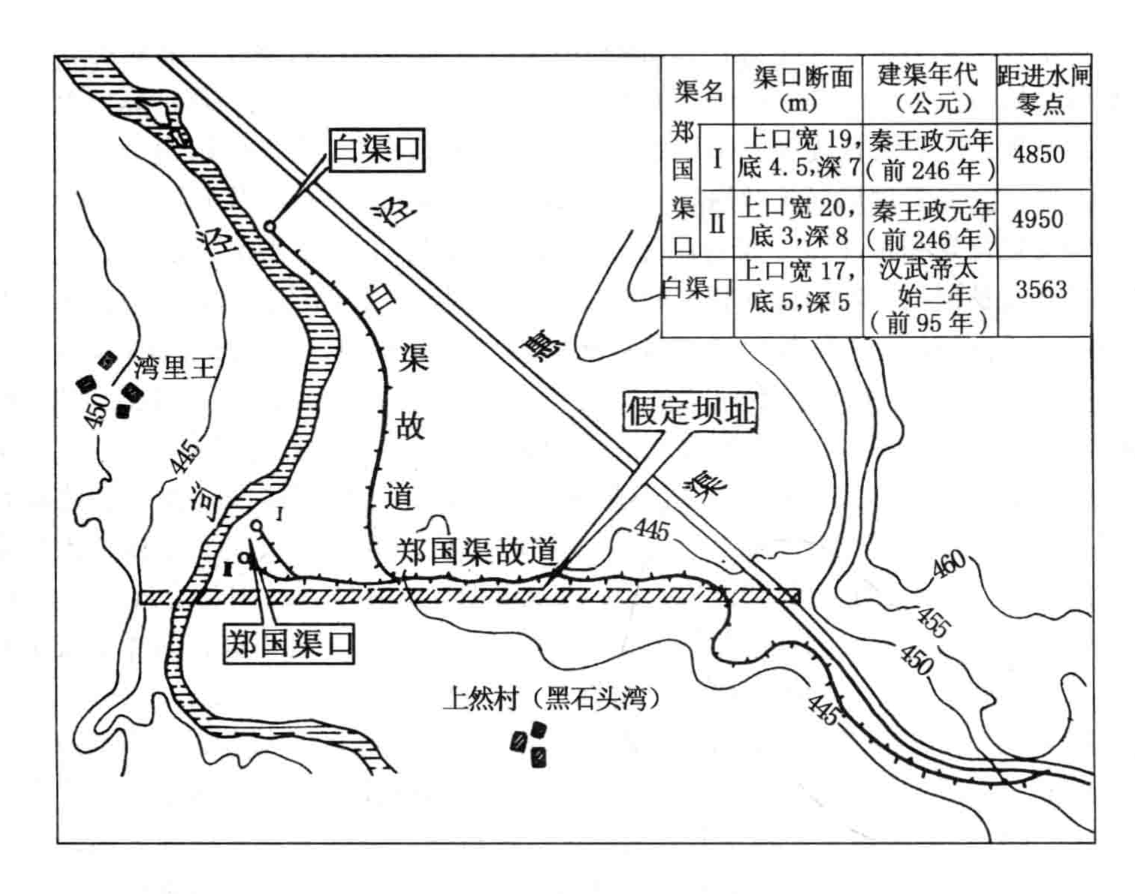


图2-1-2-5　郑国渠白渠渠首遗迹图
（选自《中国近代水利史论文集》）

渠。”应理解为白渠引水口在郑国渠北，引水渠道与郑渠交汇后，向南流。康熙《泾阳县志》卷四载：“白公于郑渠上流二千七百余步徙开渠口。”也称白渠口在郑渠口的上游。白渠渠口的具体位置已由泾惠渠管理局勘查确实，在距泾惠渠进水闸基点3 400余米处[84]，即距郑国渠引水上口约1 450米处。见图2-1-2-5。白渠也是无坝引水。有人认为距郑国渠渠口上游250米的井渠遗址，是汉代白渠引水渠[85]。实际这井渠是清代所凿。《续修陕西省通志稿》卷五十七《水利一》记载为清同治三年（1864年）知县徐德良所开。有人做过调查，群众反映祖辈亲眼见到当时施工情况，且遗迹状况较新，“似非远期工程”。[86]白渠是承继郑国渠引泾水的灌渠，以后历代渠口位置虽有变动，但引泾灌溉延续不辍，实源于郑国渠开创之业。

（二）干渠布置在灌区最高一线，设计确当

郑国渠干渠的行经路线，《水经注·沮水》有较详细的记载：“昔韩欲令秦无东伐，使水工郑国间秦，凿泾引水，谓之郑渠。渠首上承泾水于中山西（邸）瓠口，所谓瓠中也。……为渠并北山，东注洛三百余里。……渠渎东径宜秋城北，又东径中山南……郑渠又东径舍车宫南，绝冶谷水。郑渠故渎又东径巀嶭山南，池阳县故城北，又东绝清水。又东径北原下，浊水注焉。自浊水以上；今无水。……又东历原，径曲梁城北，又东径太上陵南原下，北屈径原东，与沮水合。……沮循郑渠，东径当道城南……又东径莲勺县故城北……又东径粟邑县故城北……其水又东北流，注于洛水也。”即干渠经过了“二山、四水、三原、七城、一宫、一陵”。



1976年陕西有关方面根据《水经注》的记载，对郑国渠干渠线路作了实地踏勘，结果与记载大致相符。郑国渠从今上然村西北，泾河河湾（昔称骆驼湾）左岸引泾水，流经今王桥镇南，东经石桥镇南，然后傍原（西城原）折向东北行，过云阳镇北，又经三原县鲁桥镇南，西阳镇北，又东北经富平县阎良镇北，康桥镇北，张桥镇和程家镇南，过蒲城县原任镇南、龙阳镇南，至重泉村以东入洛，实测渠长为126.03公里[87]。

郑国渠干线的布设，“并北山，东注洛三百余里，欲以溉田”。按一秦里约等于414米，三百余里约为124.8公里，与实测长度基本一致。郑国渠干线是沿着北山南麓，自西向东，修建在渭北平原二级阶地的最高线上。这样布置能最大限度地控制灌溉面积，进行自流灌溉。于是北山以南，渭河以北，泾河以东，洛河以西范围内的大部分平原都在其控制之下。在公元前3世纪已产生了把渠道干线布置在灌区最高地带，以便控制最大的灌溉面积，这一选定渠线的设计思想，是难能可贵的。整个灌区的地势西北高，东南低。古渠口处现地面高程为442～443米，注洛水终点地面高程为370米，地面坡降约为0.57‰。渠线顺自然坡降布置，干渠坡降稍陡于地面坡降（地面坡降约为0.64‰）[88]，大挖方段和大填方段不多，说明当时的测量技术也达到相当的水平，故而能建成长300里的渠道。

（三）渠道与溪谷水相交的技术措施甚是巧妙

在泾水和洛水之间，流向大致平行的还有冶峪河、清峪河、浊浴河、石川河等溪谷水。郑国渠干线横亘东西，必然与这些溪谷水相交，《水经注·沮水》载：“郑渠又东径舍车宫南，绝冶谷水；……又东径……池阳县故城北，又东绝清水；又东径北原下，浊水注焉；……又东径太上陵南原下，北屈径原东，与沮水（即石川河）合……沮循郑渠”，采用了各种相交的方式。

据现有实测资料，冶、清、浊三水年平均流量在0.5立方米/秒以下，但暴雨时洪水汇集流量可达数百立方米/秒。石川河流量则大得多，实测年平均流量（耀县站）为2.1立方米/秒，最大流量为156立方米/秒；其上游沮河（苏家店站）实测最大年径流量达1.78亿立方米（1964年）[89]。郑国渠通过冶、清、浊、沮采用何种方式呢？渠道与河沟相交可分为平交式和立交式两种。由于文献记载的简略，具体如何相交不很清楚。根据当时的技术水平、水流状况和实地勘查，可大体得出郑国渠与冶、清、浊、沮水采用平交的方式，在相交处形成共同的河床。郦道元分别使用了“绝”、“注”、“合”三个字来表示交叉的情况，虽然是平交，但各处相交的方式还是有所差别。郑渠“绝”冶、清二水[90]，是采用“横绝”的方法，郑渠拦截这两渠的常流量，暴雨水通过另开辟的泄洪水道排走。为保证渠道正常工作，渠中水位与河沟水位还要相差不大。因此在冶、清二水的南面修筑拦水坝，“横绝”此二水。据查，目前清河在古郑渠经过处河势成⊏形，与当地西北高、东南低的地势正相反，认为系由郑渠之泄洪道演变而来[89]。郑渠与浊水相交，“浊水注焉”。可能渠与浊的水位相当，浊水注入渠道较为顺利，所以浊水是直接流入郑渠，还可能采用“假道”的措施，利用了一段浊水作渠道。郑渠与沮水相交，是“与沮水合”。“沮循郑渠”，是将沮水揽入郑渠，循郑渠东流入洛。据勘查，在临潼县断垣村与康桥镇之间，石川河与苇子河一带，尚有横断沮水工程以及



退水渠的残迹[87]。说明是将石川河常流量揽入郑渠，并在渠道南岸，设退水渠，将洪水退入原河道。

郑国渠与天然诸溪河采用平交方式，还有一个很大的好处，是把诸溪河的水揽入郑国渠，增加渠道的流量，尤其是行至石川河时，因沿途引灌，流量大减，此时拦入流量较多的石川河有助于补充水源，以达到灌溉“四万顷”地的目标。因此，郑渠与溪谷相交大致采用了“横绝”、“注入”、“揽合”等技术措施，这些构思在当时的条件下是相当巧妙的。

之后，西汉时修建的白渠在渠线的布置上较郑国渠干线有较大的变动。《水经注·渭水下》记载：“太始二年，赵国中大夫白公奏穿渠引泾水，首起谷口，出于郑渠南，名曰白渠。……东径宜春城南，又东南径池阳城北，枝渎出焉，东南历藕原下，又东径鄣县故城北，东南入渭，今无水。白渠又东，枝渠出焉，东南径高陵县故城北……又东径栎阳城北……白渠又东径秦孝公陵北，又东南径居陵城北、莲芍城南，又东注金氏陂，又东南注于渭。”白渠引水口在郑国渠口北，引水渠南行约 1.5 公里，至古惠民桥折而向东与郑渠交汇，利用郑渠故道向东流，在今社树村东面即古宜秋城离开郑渠，“出于郑渠南”，向南流，到池阳城（治今泾阳县）北分为二支渠，一支历藕原下，东径鄣县（今临潼县交口镇北）北，东南入渭，另一支东径三原县，径栎阳城（临潼县东北古城村南）北，东南流，注金氏陂，又东南注于渭。说明白渠仍然是过石川河的①。但白渠渠线比郑渠缩短，只长 200 里。渠线布置与郑渠比是“迄南断尾”。由于渠线向南布置，渠道坡降加大，所以控制的灌溉面积缩小，灌田面积为 4 500 余顷（《汉书·沟洫志》）。当时一亩相当于今 0.69 市亩，4 500 余顷约等于今 31 万余亩。白渠的灌溉面积虽然小于郑国渠，但其渠道布置更为合理。郑国渠干线纵坡比白渠相对来说较缓，因灌溉方法是引浑淤灌，渠道容易淤积，而白渠因为比降大些，流速加快，淤积较轻。另外从水量方面看，据测泾水多年月平均流量在雨季的七、八、九月为 110 ~ 168 立方米/秒，十月份为 57 立方米/秒，其余月份均不超过 40 立方米/秒[91]。目前关中地区一个流量大约灌二万亩旱地，历史上采用漫灌，单位流量的灌溉面积更少，设灌溉 1.5 万亩，郑国渠灌溉面积四万顷，合今亩为 115 万亩，则需要 3 170 立方米/秒。尽管古代泾水上游植被茂盛，涵养水源的条件好，水量可能大于今日，但受降雨量限制，也不会超过太多，因此，郑渠水量就显得缺乏。而白渠的灌溉面积就有较好的保障。后代引泾灌渠渠口虽不断上移改修，但干渠的布置大体遵循白渠，说明白渠渠线布置更为合理。此外，白渠渠线靠南布置，它不再一一穿过冶、清、浊水，而是引冶入清，会浊水，再汇入沮水，最后由沮注白渠，仅与沮水交汇。原来，郑渠与各溪谷水相交处工程每年要进行修护，暴雨时期渠道的安全不易确保。白渠渠线改建后，交汇工程量明显减少，提高了渠道安全系数；又可利用沟通的溪谷水，在渭北平原最高处另布设一层灌渠，增加灌溉面积[92]。

---

① 有人据《汉书·沟洫志》“白渠首起谷口，尾入栎阳，注渭中，袤二百里”及宋敏求《长安志》卷一七栎阳县下记载：“白渠至界县合渭水”，认为白渠未过石川河，这只是白渠的一支，另一支是注入金氏陂，过石川河的。



由于郑渠和白渠同引泾水，又同用干渠渠线中的一段，主要受益地区大致一致，两渠有着承继关系，故而历代将郑国渠与白渠连称为“郑白渠”。之后，引泾灌溉工程技术在实践中不断改进和提高，始终是北方灌渠工程技术的典型代表。

第三节　灌溉渠道工程技术

春秋战国至南北朝时期，我国兴建了大量的引水灌溉渠道，涌现了一批大型渠道工程，因而灌渠工程技术迅速发展。在灌渠勘测规划技术方面，运用“表”、“准”、“度”技术进行水准高程、距离远近、地形地势等的测量，以布置渠首工程和确定渠道线路，并成功地绘制或利用地图进行规划；在渠首枢纽工程技术和渠道工程技术方面，有了合乎科学的规划设计技术思想，取得了许多杰出的技术成就；在施工技术方面也提出一些明确要求，以确保施工质量，石方技术已在工程上普及。此外，在灌溉技术方面多有创新，出现了淤灌改土、水温调节、遥润渗灌等技术，开始制定灌溉用水制度，按计划用水，合理调配水量，协调水利纠纷等。

一、灌渠勘测规划技术

兴建灌溉渠道，尤其是规模较大的灌溉渠系，要掌握灌区的水资源和自然地理状况，也就是要对水源大小、洪枯水位、水质清浊、河床状况、地势高低、地形变化、地质好坏、土地利用等情况进行具体的勘查测量，然后才能规划设计引水渠口和行水渠线，布置灌区内的各级渠道。春秋至南北朝时期，我国灌渠的勘测规划技术随渠道的兴修而不断进步。

（一）春秋至秦的灌渠勘测规划技术

我国在兴修水利工程时采用测量技术的历史很早，相传大禹治水已开始使用“准、绳、矩”等原始的测量工具。进入春秋时期后，水准测量已较为普遍。《庄子·天道篇》谓：“水静则明烛须眉，平中准，大匠取法焉。”战国时期，大型灌溉渠道工程漳水渠、都江堰、郑国渠能够建成，说明当时的勘测技术已具有相当高的水平。具体的测量技术在一些古籍中稍有反映，如《周礼·匠人》记载：“水地以县（悬）和置槷以县（悬）”，指的是用水准器和铅垂线等工具测地面的水平状况，通过水准测量可以知道地物的高程情况。

据近人调查研究[93]，已发现秦代的水准方位仪实物，在灵渠分水塘大、小天平的交会处，伫立着一个外形酷似竖立石辘的东西，认定它是一件水准方位仪，为当初修筑大小天平的时候（约公元前 219 年）所使用的工程测量控制仪器。这应是我国目前发现的年代最早的一台工程用水准方位仪。其基座为长方形石座，长 0.88 米，宽 0.72 米，中央有轴孔；底座长边的南端伸出一梯形石尾，底边约 0.70 米，顶边约 0.60 米；底座北端伸出一三角形指向标，三角形底边为 0.55 米，高为 0.29 米。石尾加强了指向标的形象，使指向标、底座和石尾形成一个欲发的箭矢的形状。仪器上部是一个高出基座 0.96 米，直径约 0.45 米的石圆柱，有轴插入底座轴孔，可以旋转。圆柱顶端凿有通沟槽，宽约 0.12 米，深为 0.16 米，通槽下部在柱体上凿有一长方形孔，高 0.30 米，宽约 0.165 米，顶端沟槽有一壁破残。这



一部分是水准支座，木制的水准仪使用时嵌入石槽中。见图2－1－3－1。

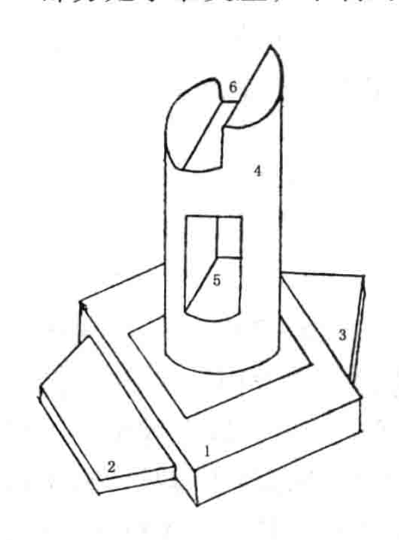


图2－1－3－1　石制水准方位仪

1. 基座石板　2. 梯形指向石尾

3. 指向标　4. 水平支座

5. 石孔　6. 嵌水平石槽

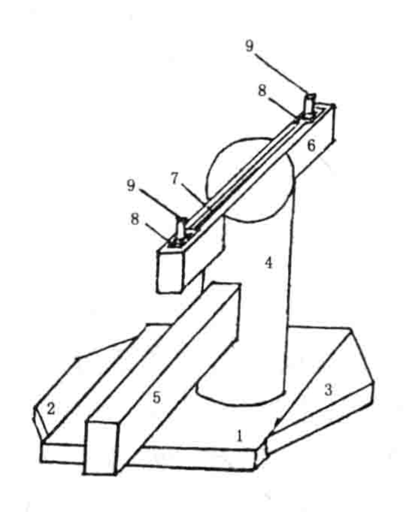


图2－1－3－2　水准方位仪使用图

1. 基座　2. 石尾　3. 指向标

4. 水平支座　5. 转动照准部分的杠杆

6. 水平仪　7. 通水渠　8. 前后水池

9. 浮在水池中的水平照准

这一仪器的功能，由于它安置在大小天平的交会处，修筑大小天平时可用来测量和控制它们的方位和高程，能同时控制两条拦水坝的建造，一仪多用，既控制两个坝的方向，又控制两个坝的高程。估计使用该仪器时，要将木制的水准放置在石基上的水准支座内，即石柱顶端的石槽之中。木制水准挖有水槽，水槽两端略宽，形成水池，池中浮有照准齿标，注水入槽，即可进行水平测量。将杠杆插入石柱的方洞中，可旋转仪器上部，照准仪可指向不同方向的目标。当照准器指向第一条坝的时候，照准器与基座上的指向标之间的夹角可以用模板控制；当照准仪转向第二条坝，则照准仪与指向标之间的夹角发生变化，可以用另一个模板控制，于是该仪器又同时控制了坝体的方位。仪器用石制作，固定性好，保证了整个施工过程中测量的稳定，起到控制方位和高程的作用。见图2－1－3－2。

规划渠线不仅要有高程测量，还要了解地物的平面位置和地形情况，除实地查勘外，方便的方法是借助于地图。战国时所绘的地图已较详细。《管子·地图》称："凡兵主者必先审知地图，轘辕之险，滥车之水，名山通谷经川，陵陆丘阜之所在，苴草林木蒲苇之所茂，道里之远近，城郭之大小，名邑废邑困殖之地，必尽知之。地形之出入相错者尽藏之。然后可以……不失地利。此地图之常也。"《周礼·地官·大司徒》谓："大司徒之职，掌建邦之土地之图与其人民之数，以佐王安抚邦国。以天下土地之图，周知九州之地域广轮之数，辨其山林、川泽、丘陵、坟衍、原隰之名物，而辨其邦国都鄙之数，制其畿疆而沟封之。"当时地图上标示的内容丰富，这些地图既用于军事指挥，也用于土地规划。《周礼·地官·遂人》亦称："以土地之图，经田野，造县鄙，形体之法。"土地规划中当包括农田水利规划。联系《战国策·赵策》记苏秦以合纵术向赵王游说："臣窃以天下之地图案之，诸侯之地五倍于秦。"表明当时已有一种范围很广的七国总图。水工郑国估计原来并未到过秦



国，他能向秦王提出修建引泾灌渠的建议，很可能是先从地图上进行规划的。

（二）西汉至南北朝的灌渠勘测规划技术

汉代测算方法有很大进步，《九章算术》中记载了勾股定理和立表法、连索法、参直法等先进的测量方法。表现在渠道勘测技术上，主要运用“表”、“准”、“度”等方法。西汉元光六年（公元前129年）开关中漕渠，预先进行了“表”的测量。《史记·河渠书》称：“令齐人水工徐伯表。”唐·司马贞《史记索隐》注：“表者，巡行穿渠之处而表记之，若今竖标，表不是名也。”“表”是竖立木标桩，以测定渠线。“准”就是水准，技术继承了前代又有发展，这时水工上已用于测量大面积地形的高低。《汉书·沟洫志》载汉武帝时齐人延年上书言：“案图书，观地形，令水工准高下，开大河上领，出之胡中，东注之海。”其建议的开河工程虽然宏大不现实，但反映当时水工已掌握“准高下”，在大范围内进行水准测量观测地形高低的技术。“度”是勘测地势、地貌及水源。如《汉书·息夫躬传》称：“京师土地肥饶，可度地势、水泉，广溉灌之利。”以上说明汉代时“表、准、度”的勘测技术在水工上运用较为普遍。

魏晋时期勘测技术更加精细，如这时刘徽撰有《海岛算经》（当时称《重差》），首次将测望之法系统地进行整理，书中运用了重表、连索、累距、三望和四望等测算方法。具体载有测望九种问题的解题方法，即望岛（山）高远、望松高远、望邑大小远近、望谷底深、登山测望平地楼高、遥望波口广度、望渊水深、登山望津（渡口）广度、登山望邑广长。对于复杂的地形和不能靠近的目标，可进行两次或两次以上的测量，再通过计算求得问题的解决。大体采用立表（标桩）、望准、量长度，然后从已知数求出未知的山高水深、城邑大小、河渡宽窄、距离远近，这就有了较精细的测量数据。

如“望海岛的高远”是采用重表法。作法：“立两表，齐高三丈，前后相去千步，令后表与前表参相直，从前表却行一百二十三步，人目著地取望岛峰与表木参合，从后表却行一百二十七步，人目著地取望岛峰亦与表末参合。”可求岛高及去表的距离。方法是“以表高乘表间为实，相多为法除之，所得加表高，即得岛高。求前表去岛远近者，以前表却行乘表间为实，相多为法除之，得岛去表里数”。公式如下：

$$\text{岛高公式} = \frac{\text{表高} \times \text{表间}}{\text{后表却行} - \text{前表却行}} + \text{表高}$$

$$\text{岛去前表公式} = \frac{\text{前表却行} \times \text{表间}}{\text{后表却行} - \text{前表却行}}$$

得出岛高为“四里五十五步”，岛去前表为“一百二里一百五十步”。见图2－1－3－3。

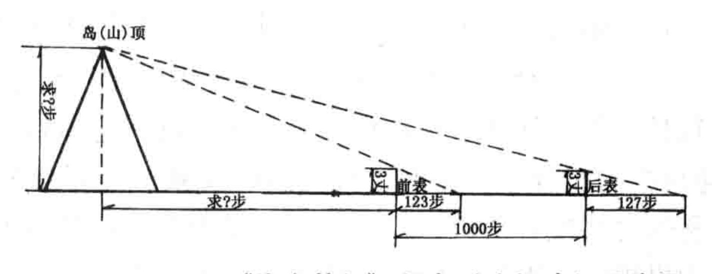


图2－1－3－3　《海岛算经》望岛（山）高远示意图



汉代利用地图规划兴修灌渠已有明确记载。《汉书·西域传下》称，征和年间（公元92～公元89年）桑弘羊建议在渠犁一带发展水利，提到“各举图地形，通利沟渠”。这一时期地图的绘制技术已经比较精细。如1973年，长沙马王堆三号汉墓出土了三幅绘在帛上的地图，其中地形图所示的湘江上游第一大支流深水（今潇水）流域、南岭、九嶷山及其附近地区的精度相当高，图上展示了深水等三十多条河流，大部分接近于今地图[94]。西晋裴秀有《禹贡地域图》，现从仅存的序文得知，当时已提出“制图六体”：“一曰分率，所以辨广轮之度也。二曰准望，所以正彼此之体也。三曰道里，所以定所由之数也。四曰高下，五曰方邪，六曰迂直，此三者各因地而制宜，所以校夷险之异也。”这完全符合科学的制图原则。地图是人们地理知识形象准确的记录，又是测量、计算和绘制等项技术进步的综合成果，兴修大型渠道必须借助地图来进行规划，所以地图测绘技术的进步也从一个侧面反映了当时水工勘测技术的水平。

因此，可以得出，春秋战国之后大型渠道工程设计规划取得成功，必定进行了较好的勘测工作，从事过较为精确的水平测量和定线测量。步骤大体是通过实地查勘，结合利用地图，规划渠首位置，布置渠首工程设施，以及确定渠线走向，然后树表志，为施工定线放样。由于掌握了一套勘测技术，故而渠道的设计规划也能做到较为合理。

二、渠首枢纽工程技术

灌溉渠首一般由多项工程组成渠首枢纽。渠首枢纽亦称取水枢纽或引水枢纽。对于一个灌区来说，渠首位置的选择、渠首建筑物的布置，以及取水位置的确定，是关系整个灌区全局的重要环节。渠首的水源主要有河流（包括泉水）、湖泊等。在北方地区灌溉水源主要是利用河水。我国古代北方兴建的灌渠，水源大部分也取自河水。按是否筑坝，渠首可分为无坝取水和有坝取水两种形式，采用何种形式是根据河流的水位和流量能否满足取水的要求来决定的。由于水文状况、河床的冲淤、灌区用水量的变化，有的工程初创时可能为无坝取水，后代因取水困难或扩大灌溉面积的要求，也有改成有坝取水的。

（一）渠首枢纽规划布置的技术经验

战国秦汉直至南北朝时期，所兴建的大中型灌渠，在渠首枢纽的规划布置方面，已取得不少技术经验，大多符合现代布置取水枢纽的基本原则。

1. 在渠首枢纽位置的选择上，一般都选在河流由山区进入平原的出口段。漳水渠、都江堰、郑国渠、河内秦渠、曹魏戾陵堰等皆是如此。出山口处地势高，河流水位也高，因此渠首的引水水位能满足灌区自流灌溉的要求；河流出山后，水流比较平缓，但河床也不是很开阔，工程便于修筑，河槽主流比较稳定，引水量能得到保证。也就是说在出山口段布置渠首能满足灌区对水位和水量这两个基本条件的要求。另外，出山口处一般地质条件良好，河岸比较坚实，引水口不易被洪水冲毁，使用的时间较长。如都江堰引水口位于坚硬的离堆，已运行了两千多年。

2. 在渠首建筑物的布置上，注意工程的总体关系。渠首各项工程之间、各项工程与渠首系统整体之间配合协调，良好运行，从而发挥出整体的最佳效益，已具备朴素的系统工程思想，以都江堰渠首枢纽工程最为突出。



3. 渠首取水的位置注意选在河道的凹岸顶点稍下游处。都江堰、郑国渠、河内秦渠引水处等皆如此布置，这符合现代水力学中弯道环流原理。在河湾处，由于流向的转变，水质点受到离心力的作用，使凹岸水面壅高，凸岸水面降低，形成横向坡降，在水位差的作用下，形成横向环流，表层含沙量较小的水流向凹岸，底层含沙量较大的水流向凸岸，选在凹岸可以减少泥沙入渠。由于在弯道处，河槽的主流总在近凹岸一边，这里主流稳定，水深流急，可以多引水。渠首位置放在弯道中点的偏下游处，这里环流的作用发展得最为充分，又避开了凹岸中点附近水流最急处，有利于渠口的稳定。见图2－1－3－4。从渠首取水位置的选择来看，说明我国古代劳动人民很早已认识弯道环流的现象，并巧妙地在工程实践中加以运用。

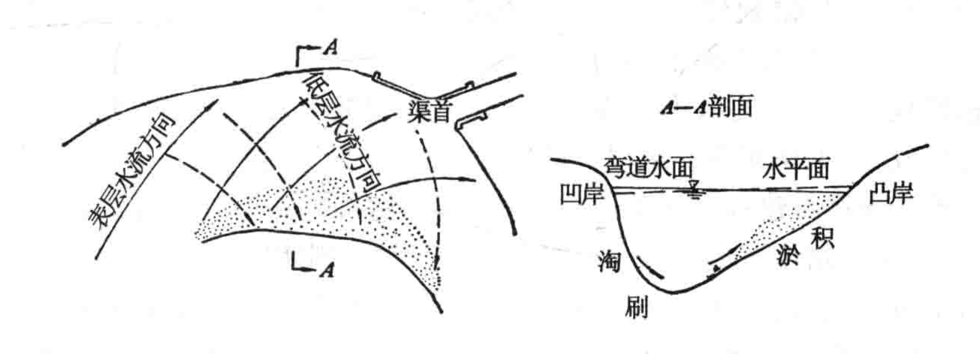


图2－1－3－4　弯道环流示意图

4. 渠首工程建筑按照达到引水、防沙、排洪这三个要求布设。渠首引水口（有的建有水闸）与溢洪道等工程配合，较好地控制进水量，汛期浑水由溢洪道排走。如郑白渠，在船头村西北，有秦、汉退水渠遗迹，宽度与引水渠基本相等[95]，使引泾渠首工程的规划布局有引有退，构成了一个较为完整的引水枢纽系统。都江堰的飞沙堰布设在凸岸一边，使内江过量的水漫过堰顶，成了宽广的溢洪道，由于在凸岸布置侧向溢流堰，水流在“弯道环流”和“正面取水，侧面排沙”的作用下，能把洪水挟带的泥沙卵石排到外江，兼具溢洪和排沙双重功能。我国北方许多河流含沙量大，洪枯水量变化大，河槽主流因泥沙淤积易变迁，从战国开始兴修灌渠已注意到这一情况，从而采取相应的措施。如漳水十二渠采用多首制渠首引水，当某一渠口淤塞时，能从其他的渠口引水，这种形式也便于轮流清淤各渠口。

5. 采用当地建筑材料，因地制宜布置渠首各项工程。如李冰创建的都江堰工程量很大，采用的是当地材料竹笼卵石筑堰。唐代《元和郡县志》卷三十一彭州导江县下载：“楗尾堰在县西南二十五里，李冰作之以防江决，破竹为笼，圆径三尺，长十丈，以石实中，累而壅水。”渠首枢纽的其他工程，如飞沙堰、百丈堤、金刚堤和人字堤等也都用竹笼装石筑成，布置巧妙，这样施工技术较为简易，工程造价也低。

可见，从先秦时期起，人们在渠首枢纽规划布置的认识方面已达到相当高的水平，故而当时能兴建起灌田数千、数万顷的不少大型灌渠。

（二）无坝引水渠首工程技术

当河道的水位和流量能满足灌区取水的要求时，就不需要在河道中建坝抬高水位或形成蓄水库来调节水量，这种渠首称为无坝引水工程。无坝引水工程结构较为



简单，造价低，古代广泛地采用这种取水方式。战国时期无坝引水的典型工程有都江堰、郑国渠；秦代有河内秦渠；西汉时期兴建的关中白渠、成国渠、龙首渠、河套的引黄灌渠；北朝东魏的天平渠等。

无坝引水一般应由进水闸、冲沙闸和导流堤三部分组成。进水处设闸可以较好地控制进入渠道的水量，洪水期可关闸，不致造成泛溢危害。进水闸的设置古代很早就已采用，以漳水渠兴建最早。《水经注·浊漳水》称漳水渠“一源分为十二流，皆悬水门”。在12条引水渠上，设置12座进水闸，但漳水渠是有坝引水工程。无坝引水工程设置进水闸史载以河内秦渠为早。河内引沁水的秦渠据说是秦代修建的[96]，引水口在今河南济源县东北沁河出山处，史称枋口。据《水经注》卷九《沁水》记载：三国之前建有枋木为门的进水闸，故而称为“枋口”，曹魏时野王（今河南沁阳县）典农中郎将司马孚，因见木门朽败，汛期洪水夹石，冲毁了朽门，使稻田被淹没，于是改木门为石门。此石门规模较大，从去堰五里以外，运来方石数万余枚，“夹岸累石，结以为门，用代木门枋”。看来此石门不仅底部和边墩用石砌筑，还用石建有上下游翼墙和护岸等。这样的石门既坚固，又便于启闭操作，“若天亢旱，增堰进水；若天霖雨，陂泽充溢，则闭防断水，空渠衍涝，足以成河，云雨由人”。这时修建进水闸的技术已有很大的进步。古代有些引水渠口虽然未建闸，但因渠首兴建了分水、导流、溢洪等工程，渠口断面设计科学，故仍能较好地满足灌区对水位和水量的要求。如都江堰渠首枢纽利用鱼嘴、飞沙堰、宝瓶口的有机配合，合理的平面布置和巧妙的高程控制，从而达到引取足够水量，避免洪水和砂石过多进入渠道的目的。

古代为了改善无坝引水的条件，建有帮助取水的建筑，如分水堤、湃水堤、顺水堤等导流整治工程。

分水堤——是引水工程中用以分流的建筑，其坝体不是横截河流，而是与水流方向大体一致，以进行分水导流。如都江堰渠首的分水鱼嘴就是这类工程的典型代表。鱼嘴与内、外金刚堤组成一个分水堤，这是利用岷江中的沙滩为基础，再加竹笼卵石构筑而成。其作用：①将岷江一分为二，即分为内江、外江两部分，并起调节内外江分流比和分沙比的作用。②有一定的抬高引水水位的作用。分水鱼嘴前水位有一定程度的壅高，又通过长堤保持内江河床和水位皆比外河高。

到东汉时，分水堤的建筑技术益加讲究，出现了桩基堆石坝。东汉时在泾水下游阳陵县（今咸阳县东北）建有一个引泾灌溉工程，名叫樊惠渠，光和五年（公元182年）由京兆尹樊陵主持建成。蔡邕《京兆樊惠渠颂》[97]记述了该渠的工程情况。其分水堤是“树柱累石，委薪积土，基跂功坚，体势强壮。折湍流，款旷陂，会之于新渠”。从“树柱累石，委薪积土”可知，是在河床中打有基桩，基桩上垒石，石上堆有埽土，成为一种桩基堆石结构的分水坝，其基础坚固，坝体强壮，分引湍急的泾水入沉沙池（旷陂），然后引入渠道。

湃水堤——亦称迎水湃，即导流堤，能引导水流顺畅地进入渠口，并取得较高的渠首处水位，而洪水时多余水量从导流堤上溢流。宁夏引黄灌渠古代都是无坝引水，由于黄河主流的摆动，引水量不易稳定，因此灌渠引水口河段处大多建有湃水堤。湃水堤始建年代阙如。而汉延渠、汉渠史载认为建于汉代，它们兴建湃水堤的



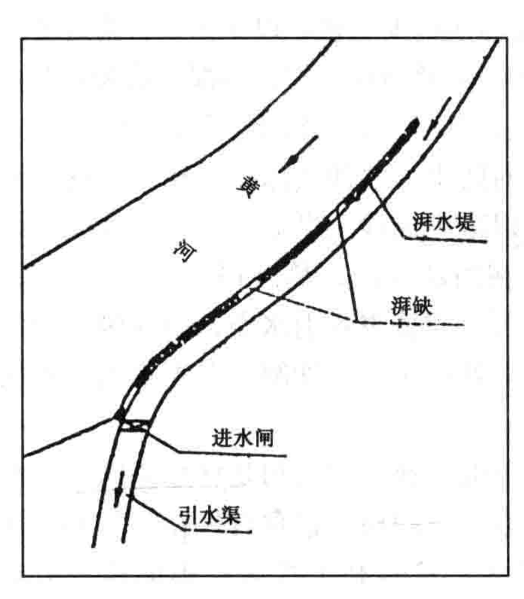


图2－1－3－5　古代宁夏无坝取水示意图

历史应当很早，否则不能满足引水的需求。乾隆《宁夏府志》卷八《水利》载引黄灌渠正闸外建有迎水湃、滚水坝及退水闸等，并说："唐汉二渠闸坝皆元郭守敬、董文用旧制。"《元史》卷一六四《郭守敬传》说：元至元元年（公元1264年），郭守敬修整唐来、汉延各渠，"更立闸堰，皆复其旧"。说明宁夏古渠有很长时期的传承历史。民国《河套新编》卷十《渠工考》始载有宁夏各渠湃水堤的长度，其中汉延渠的迎水湃"长约五里"。湃水堤修得很长，是为了伸到黄河主流处，有利于引水入渠。由于导流堤内水流速度减小，其水力比降比河中水力比降为小，因而使导流堤内渠首处的水位较堤外河中水位为高，可以引取更多的水量。湃水堤上设有缺口，用以分泄进入湃水堤内侧的多余水量。湃水堤大体与河岸平行布设，水流较顺。同时湃水堤与主流的夹角不大，能减少洪水对堤的冲击损坏。见图2－1－3－5。当然湃水堤的修建技术有一个不断发展的过程，始建时未必如此完善，但基本原理是相似的。

北魏时兴建的宁夏引黄灌渠艾山渠，为改善引水条件，在渠首汉河处筑坝，成为一种较为特殊的导流整治工程。据《魏书》卷三八《刁雍传》记载，宁夏平原河西地区原来建有引黄渠道"高渠"，因黄河河床下切，渠底高于河水二丈三尺，渠口又受河水冲坍，无法引水。太平真君五年（公元444年），刁雍为薄骨律镇（今宁夏灵武县西南）将，于原渠口北面重新修建新渠口。艾山（青铜峡一带）北面黄河河道中有一个沙洲，分河为东西两道，西河水狭，宽140步。当时巧妙地利用这一地形条件，在西河筑壅水坝，坝体自东南斜向西北，使西边河水尽入新渠。坝长270步，宽十步，高二丈。在壅水坝前的西南河岸，旧渠之北八里，沙洲分河处下游五里，开新渠渠口，宽15步，深五尺，渠两岸筑堤高一丈。这条渠北行40里，复合旧高渠。在西河上筑拦河坝，是因为所凿新渠口高于河水五尺，水不能入，故而筑坝壅高水位引水。由于西河之水尽入新渠，故渠水充足，"溉官私田四万余顷"。可以说，西河上的拦河坝实际是与沙洲共同组成了一个导流坝。坝体的溢洪设施未提，水大时可能从沙洲上（或低处）通过。见下页图2－1－3－6。

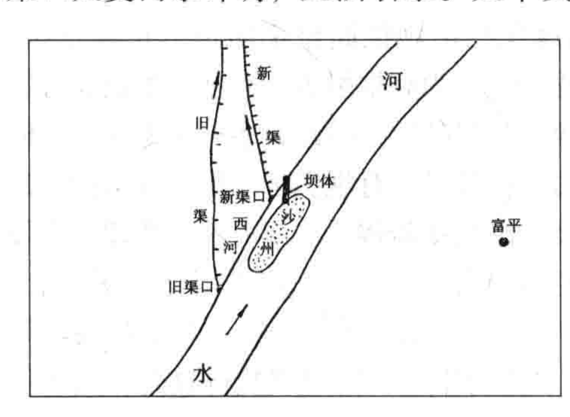


图2－1－3－6　艾山渠示意图

顺水堤——起顺导水流和保护河岸的作用，是一种整治河道的建筑物。渠道引水时，会将主流引到渠首一边，形成水流对渠首附近河岸的淘刷，这种现象在凹岸尤其严重，往往造成河岸大段坍塌，威胁进水建筑物的安全；另外，由于河岸的改变，



也会引起主流方向的变化，从而影响引水。故要修筑辅助工程，以保护渠首附近的河岸和河床。顺水堤是古代早期运用得较多的一种河道整治建筑物，如都江堰渠首的百丈堤就是顺水堤，起护岸的作用，并使水流顺直，有利于鱼嘴的分水和排沙。

早期渠首还未见有冲沙闸的设施记载，但对防洪、泄沙、除沙仍相当重视，采取的技术措施：一是取水口设置在凹岸一侧，以减少泥沙入渠。二是在导流堤上设溢洪口，侧面排沙。如都江堰的飞沙堰就布置在内江侧面，具有很好的排沙效果。三是采用多首取水口，对淤积在渠首的泥沙，可分期疏浚各引水渠，保证浚渠与灌溉两不误。如漳水十二渠就是采用此种方法。早期因未设冲沙闸，对渠首淤积的泥沙主要还是采用人工清除的方法。

此外，古代无坝取水工程还注意到了取水角的选择。取水角是河水流向与引水渠轴线的夹角，角度愈小，引取的流量愈大，取水口的稳定也愈有保障。从都江堰等渠首布置来看，古代设置的引水渠取水角不大，这有利于水流顺畅地进入引水渠。渠首的分水堤、湃水堤等导流工程，也与水流方向大体平行，伸入主河槽。

当然，无坝取水的形式对有一些渠道来说不是一成不变的，当水位和流量减少，不能满足取水要求时，会采取临时筑坝措施，或改建成有坝取水形式。如河内引沁灌渠，《水经注》卷九《沁水》记载，三国曹魏改建进水闸木门为石门后，“若天亢旱，增堰进水”。即在枯水期，临时修拦河堰或导流堤，抬高河流水位引水。这种临时筑堰的方法，在中、小型渠道工程上多有采用。就是在大型渠首工程上，也常采用这种措施。如都江堰在枯水期，于外江上用杩槎封堵部分河道，增大入内江的水量。郑国渠初建时为无坝引水，后代因泾河河床刷深引不上水，渠口不断向上游移动，到唐、宋、元时期，就在泾河中修建拦河坝，成为有坝取水工程。

（三）有坝引水渠首工程技术

河水水位不能保证自流取水入渠时，须修建拦河坝拦断整个河道以抬高水位，或形成蓄水库，然后引水入渠，这种渠首工程型式称为有坝引水。有坝引水能保持较高的水位，引水更加可靠。古代有坝引水的灌渠兴建甚早，并建有多种类型的坝，体现了古代劳动人民的技术才能。有文献记载可查，最早的有坝引水工程是战国初兴建的智伯渠坝，之后有引漳十二渠坝、白起渠坝、汉代新疆楼兰注滨河坝、曹魏的戾陵堰、南朝梁的丽水通济堰等。古代称所筑的拦河坝为“堨”、“遏”、“碣”、“堰”等。

有坝引水以筑坝后是否形成库区，可分为有蓄水库和无蓄水库两类。拦河坝筑得不高，则形不成蓄水库，主要起抬高河流水位的作用；拦河坝筑得较高，则不仅能抬高水位，形成的水库还有调节径流的作用。最早建成带有库区的坝为智伯渠坝。公元前453年，晋国的智伯联合韩、魏两家攻打赵，在晋水上修筑拦河坝，引水攻晋阳城。《水经注》卷六《晋水》载：“昔智伯之遏晋水以灌晋阳（今山西太原市南）。其川上溯，后人踵其遗迹蓄以为沼，沼西际山枕水……沼水分为二派，北渎即智氏故渠也。昔在战国，（赵）襄子保晋阳，智氏防山以水之，城不没者三版。……其渎乘高，东北注入晋阳城，以周灌溉。”所说“遏晋水”，“防山以水之”，是在山谷建造拦河坝。“蓄以为沼”，是筑坝后形成蓄水库“沼”。“其渎乘高”，因建拦河坝后河道水位抬高，能从库中引水，故渠道引水位置提高，从而能引水东下，水攻晋阳城。战后人们进一步加修大坝，利用渠道灌溉农田。这座坝的

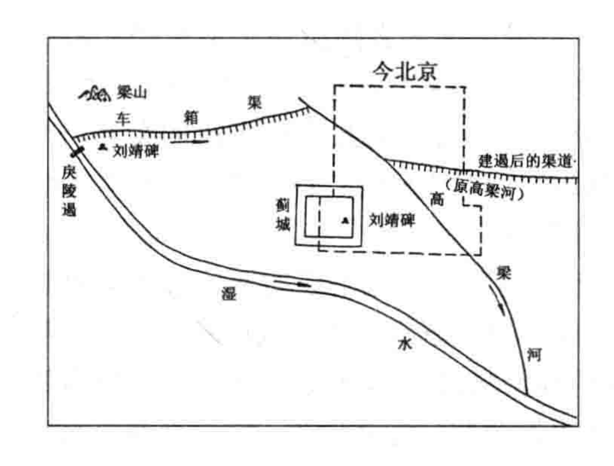


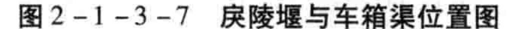
构造与尺寸文献记载阙如，从现在当地的地形条件看，坝不会筑得太高，蓄水库“沼”也不会太大，但战国初已建成如此有坝引水工程也很不简单了。

以拦河坝是否溢流，又可分为溢流坝和非溢流坝。战国时魏国的西门豹主持修建的引漳十二渠，“堨漳水”，“二十里中作十二磴，磴相去三百步”，是横拦漳河，在 20 里中顺次修筑 12 座梯级低溢流堰（磴），溢流堰结构可能是堆石坝。漳水渠通过筑堰抬高河中水位引水，是古代成功的多级筑坝，多口引水的渠首工程型式。

秦代所建的灵渠，渠首在广西兴安县东南 2.5 公里湘江上游的海阳河上，建有拦河溢流大坝，坝高 3.9 米。坝型呈人字形布置，斜向南渠一侧的叫小天平，斜向北渠一侧的叫大天平。当上游来水超过渠道需要的水量时，从坝顶自动溢流，可以控制引水入渠的水位，及平衡南渠、北渠的水量，故而称为“天平坝”。大小天平呈人字形布置，近似拱形，受力状况良好。现存天平坝临水面以石灰岩条石平铺砌筑，每块宽约 2 米，石块间有锲形铁锭相连，坝下游溢流面用页岩片石竖砌，紧密排插，形如鱼鳞，故称鱼鳞石，其抗水流冲击性能强。基础密排木桩。天平坝的顶端有向前伸出 130 米长的铧嘴，能帮助大小天平分水，并使水流平顺[98]。

曹魏嘉平二年（公元 250 年），由镇北将军刘靖主持，在今北京西郊的永定河上建戾陵堰，堰上游开车箱渠，浇灌蓟城一带农田。《水经注》卷十四《鲍丘水》记载：刘靖“登梁山以观源流，相湿水以度形势……以嘉平二年立遏于水，道高梁河，造戾陵遏，开车箱渠。……长岸峻固，直截中流，积石笼以为主遏，高一丈，东西长三十丈，南北广七十余步；依北岸立水门，门广四丈，立水十丈（按：“十丈”，为十尺之误）。山水暴发，则乘遏东下；平流守常，则自门北入，灌田岁二千顷”。“湿水”即今永定河，“梁山”即今石景山。堰址在湿水出山处，两侧“长岸峻固”，经现代勘测，两岸都是灰绿岩，地质条件良好。堰“直截中流”，是拦断河流作坝，用木笼或竹笼装石作成“石笼”，垒砌石笼做成堰体“主遏”。堰高一丈，长 30 丈，广 70 余步（合 42 丈）。坝不高，边坡很缓，约为 1:15。据近代水文资料，永定河流量最大时曾达每秒五万立方米[99]。戾陵堰是典型的溢流堰，洪水时期，山洪“乘遏东下”，全由堰顶溢流；平水时期开进水闸门引水入渠。见图 2－1－3－7、图 2－1－3－8。




图 2－1－3－7　戾陵堰与车箱渠位置图

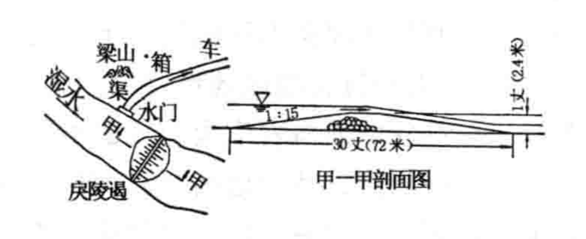


图 2－1－3－8　戾陵堰布置及坝体尺寸示意图

建造溢流坝工程量大，技术要求高，且易遭受洪水冲毁，需经常进行修理。

再以筑坝材料分，古代有土坝、草土坝、柴木坝、堆石坝、砌石坝、土石混合坝、石笼坝等，基本以当地材料修筑。土坝、草土坝一般不能溢流，多修筑在小型灌渠渠首，或用于修筑临时的拦河坝。南朝梁时在浙江丽水修筑的通济堰，于瓯江上游松阴溪上筑拦河堰，初创时建的是柴木坝，宋代开禧元年（公元1205年）才改建成拱形石坝。堆石坝、砌石坝和石笼坝的坝面上能溢流，基础下打入木桩，以增大地基的承载力。如漳水十二渠坝为堆石坝，灵渠天平坝为砌石坝，戾陵堰为木笼装石坝。它们拦断河床，抬高水位，过量的洪水从坝顶溢流而下。

三、渠道工程技术

灌溉渠道是将灌溉水源输送、分配到灌溉田地的水道，往往分为若干级，组成渠道系统。渠道系统还包括渠道上的一系列建筑物。古代在渠道规划、渠道布置等方面取得不少成绩，也修建了各种渠道建筑物，以调配灌溉水量，排泄多余之水，还使渠道能通过各种地形障碍。

（一）渠道规划布置的原则

灌溉引水工程不仅要重视渠首枢纽工程的位置选择和布置，还要搞好渠道的规划布置，使灌区广大的农田能浇上水。战国至南北朝时期修建了不少大型灌区，灌溉面积达数十、数百万亩，中小型灌区就更多了，在渠道的规划布置方面达到相当高的技术水平，主要遵循了以下一些原则：

1. 干渠布置在较高地带，沿等高线布置，使控制的自流灌溉面积最大。如郑国渠干渠西引泾水，“并北山东注洛三百余里，欲以溉田”，建在渭北平原二级阶地的最高线上，沿北山南麓等高线自西向东布置，渠南广大平原皆在它的控制范围之内，从而保证了灌区最大的自流灌溉面积。

又如成国渠西汉始建时渠线较低。据勘查，该渠是从今眉县常兴镇孙家西南引渭水向东北流，经扶风原下龙渠寺，向东经川口越漆水河谷，经武功普集，薛固水渠，至兴平县境入渭[100]。曹魏时对成国渠进行改建，《水经注》卷十九《渭水》载其渠线“其渎上承汧水于陈仓东，东径郿及武功、槐里县北……又东径汉武帝茂陵南……又东径姜原北，渠北有汉昭帝陵，东南去长安七十里，又东径平陵县故城高……又东径汉大将军魏其侯窦婴冢南，又东径成帝延陵南……又东径长陵南……故渠又东径汉丞相周勃冢南，冢北有亚夫冢……又东南，径汉景帝阳陵南，注于渭”。其漆水河西段已向西上延引千水，扩大了水源；其漆水河东段的布局与今渭高干渠略同，稍偏南，沿等高线布置，这说明当时人们的设计思想已力求把渠线布置在控制最大灌溉面积的位置上。见下页图2-1-3-9。

2. 干渠布置在灌区地形脊背上，垂直等高线布置，从干渠向两面开支渠自流灌溉。如都江堰灌溉着广袤的成都平原。成都平原是岷江冲积而成的扇形平原，灌县为冲积扇顶点，地势最高，以5%～3%的地面坡降向东南方向倾斜。冲积扇两边最低，东边是今清白江至金堂峡一线，西边是今金马河至新津一线，而灌县至郫县至成都一线处于冲积扇的扇脊上。灌县至郫县直线距离36公里，平均坡降4.8‰，郫县至成都20公里，平均坡降2.7‰。李冰“穿二江”（《史记·河渠书》），建成都江堰的两条干渠，此二江大致相当于今走马河和柏条河，处于冲积



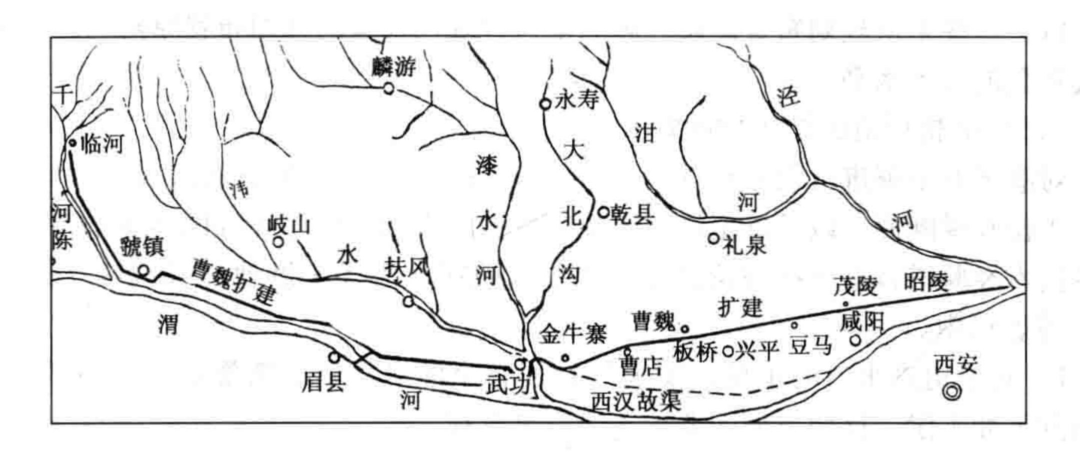


图2-1-3-9　曹魏时成国渠渠系布局示意图

（采自《陕西水利·水利法专辑》1987年第1期）

扇的扇脊上，也就是垂直等高线方向布置干渠，然后向东南和西南两个方向平行等高线开凿支渠，使整个成都平原实行自流灌溉，这是根据地形布置干渠的又一种类型的设计思想。

3．不断完善渠系和扩大灌溉面积。由于实践认识的提高和社会经济发展的需要，渠系的规划布置逐步趋向合理，或分阶段扩大灌区。如汉代白公渠的干、支渠布设比郑国渠更合理，灌溉面积更有保证。都江堰渠系在汉代已有扩展。一是向东北发展。汉景帝末年（公元前143～公元前141年）蜀郡守文翁“穿湔江口，溉灌繁田千七百顷”（《华阳国志·蜀志》）。繁，今彭县西北，扩大的灌区相当今蒲阳河和青白江一带。二是渠系还从平原向台地发展。《续汉书·郡国志五》注引《益州记》称：广都“县有望川原，凿石二十里，引取郫江水灌广都田，云后汉所穿凿者”。望川原，今牧马山高台地，广都，今双流县东南。当时新开渠道20里，引原李冰所开郫江水灌溉台地，扩大了灌区范围。都江堰灌区历代都不断在发展。

4．灌溉系统一定要有相应的排水系统，以排除农田的降雨径流和灌溉余水，并控制地下水水位。我国北方灌溉和排水系统往往分开布置，排水渠道多利用天然河道。如郑白渠灌区，灌溉渠道位置高，可实行自流灌溉；排水河道位置低，可迅速排除涝水，并将含盐量高的灌溉余水单独排走，并起控制地下水位的作用，防止次生盐碱化（这从后代引泾灌排状况可推知）。由于郑白渠灌排系统是分开的，故而灌溉后灌区盐碱程度逐渐减轻，成为膏腴良田。在南方平原地区，因为河道多，组成河网系统，地形又较平坦，骨干河渠往往灌排相结合。如都江堰灌区的渠系就是这样布置的，这节省了工程量，减少了占地面积，还有利于航运。

5．渠道设置退水出路。尤其在干渠段，古代注意在渠道上布设退水渠，使进入渠道过量的水从退水渠排走。如郑白渠在船头村西北，总干输水渠堤的南岸，现存一北高南低的退水渠遗迹。又在与冶、清二水“横绝”处，设置泄洪道。

6．引浑灌溉设计的渠道坡降较陡。因为浑水中含泥沙量大，增加坡降，泥沙不易沉积渠中。如郑国渠的平均坡降达0.64‰。现在陕西省泾惠、洛惠、渭惠各灌区的干渠坡降在0.5‰～0.4‰之间，因现在灌溉是引“清”灌溉，古代引浑灌溉，故坡降更陡些。



以上这些渠道规划布置的设计思想是符合现代渠道的规划布置原则的，体现了古代较高的技术水平。

（二）灌排渠道的结构设计要求

对灌区的渠道进行规划布置后，就要对灌排渠道进行结构设计，确定渠道的纵坡、水位和横断面，以及确定沿渠需要修建的跌水和陡坡等。古代早在先秦时已对这些技术经验进行了一些理论总结，集中反映在《管子·度地》和《考工记·匠人》等著作中。

1. 对渠道进水口的水位，要求尽量使整个灌区实行自流灌溉；渠道的纵坡，要做到不冲不淤。这两方面的要求古代很是重视。

《管子·度地》谓："水可扼而使东西南北及高乎？……曰：可。夫水之性，以高走下，则疾至于濞石；而下向高，即留而不行。故高其上，领瓴之，尺有十分之三，三里满四十九者，水可走也。乃迂其道而远之，以势行之。"

古人认识到水性向下的特性，"夫水之性，以高走下"。所以在确定进水口的水位时，要"高其上，领瓴之"，进水口的位置要高，有建瓴之势，利用水流向下的特性，把水源顺流向下地送到灌区。如果在较近处取水，进水口水位不能保证灌区自流灌溉的要求时，"乃迂其道而远之，以势行之"，进水口移向河流的上游。这样渠线虽然延长，但进水口水位能得到保障，控制的灌溉面积最大，这就是许多大型灌区引水渠很长的缘故。还可以采用"因而扼之"、"激而行之"的办法。《管子·度地》提出"水可扼而使东西南北及高"。其《地数》篇也说："夫水激而流渠。"《孟子·告子上》提出："今夫水，搏而跃之，可使过颡；激而行之，可使在山。""扼"是控制的意思。"激"是阻遏水流使之壅高。就是在河中筑坝拦水，壅高水位。水位抬高了，从而能引水至东西南北，及灌溉高仰的农田。《后汉书·西羌传》记载，汉顺帝时使谒者郭璜，"既而激河浚渠为屯田，省内郡岁费一亿计"。此处"激"也是在河流中修建拦河坝或湃水坝，用以抬高水位，引水入渠。

渠道的坡降要合理，过大，水流过急，引起冲刷，"疾至于濞石"；过小，流速过缓，泥沙会淤积，"留而不行"。《管子·度地》依据当时渠道引水的经验提出明渠的纵坡："尺有十分之，三里满四十九者，水可走也。"用尺的十分之一，即一寸作单位，三里为5 400尺，在5 400尺的长度内，渠底坡度降落49寸，即大约相当0.9‰的坡降。此作为流量较小的渠道坡降是合理的，如作为大流量的干渠坡降则稍大些，当时可能是按引洪灌溉需要较陡的坡降设计的。

2. 排水沟的设计要求。《考工记·匠人》记载："凡沟，必因水势……善沟者水漱之。""凡沟逆地防，谓之不行；水属不理孙，谓之不行。梢沟，三十里而广倍。"郑玄解释："漱"为"啮"也；"防"为脉理；"属"为注；"孙"，顺也；"不行"是决溢之义。排水沟也要按水流运动的规律设计，从高向低处排，并能冲走沟中淤泥。沟道要开挖得顺畅，不能高低不平，不光滑，否则要影响排水，水排不出就要泛滥。"梢沟"，郑玄解释为"水漱齿之沟"，应为排水沟。排水沟随着它所控制的排水面积的逐渐增加，水量渐渐增大，其断面也当相应扩大。古人根据经验得出，排水沟每延伸30里距离，其横断面要扩大一倍。前述沟洫制中的遂、沟、洫、浍，其断面就是依次倍增的。



3．进水口和跌水设计的技术要求。《考工记·匠人》称："凡行奠水，磬折以三五；欲为渊，则勾于矩。""奠"，郑玄解释为"停"，通过筑坝等工程措施，使灌渠进水口前的水稍有停滞。进口段做成什么形状呢？要做成"磬折"之形。据《考工记·车人》记载的角度数，磬折的夹角约为150°左右，其横段与折段的长度是3∶5，采用这种形状水流比较平顺。见图2－1－3－10。

"欲为渊"，即水流跌入渊中，当指渠道中的跌水，此建筑物做成什么形状？要"勾于矩"，"矩"为直角，即跌水建筑物做成直角形，这样能很好地消能，这种形式跌水中常常采用。见图2－1－3－11。

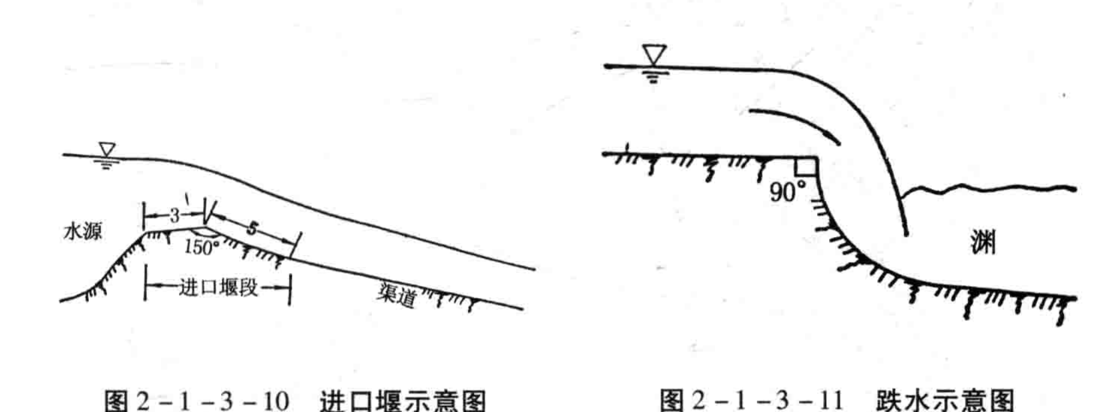


图2－1－3－10　进口堰示意图　　　图2－1－3－11　跌水示意图

（三）灌区各级渠道的布置

灌区的渠道一般分为干、支、斗、农、毛等级，组成渠道系统。干渠主要起输水作用，把从渠首取得的水输送到各灌溉地区。支渠是把从干渠取得的水分配到下级渠道，主要起配水作用，支渠以下是田间灌溉渠道。古代灌区的渠道也是分为多级。如汉代关中白渠，在干渠下分为两条支渠，唐代增为三条支渠，又在干渠和支渠上开斗灌溉农田。下面以新疆汉代米兰灌区为例来看当时渠系布置达到的技术水平。〔101〕

新疆米兰地区，汉代时称为伊循，元凤四年（公元前77年）派遣"司马"和"屯士"到该地屯田，开始兴建灌渠工程，直到唐代仍在此设置屯田，利用渠道灌溉。后来因引取的水源米兰河改道，灌区才废弃。20世纪60年代，通过多次查勘，才发现戈壁滩上的这一古灌溉渠系，从这一遗迹可窥见汉代灌溉渠道网的布置技术水平。见下页图2－1－3－12。

伊循干渠的引水口，布置在古东支米兰河转向东北拐弯处，与东支米兰河成35°夹角引水，干渠全长8.5公里，渠身一般宽10～20米（包括渠堤宽度），渠高3～10米，纵坡1/100～1/170。干渠下分七条支渠，呈扇形分布。支渠总长28.4公里，渠身一般口宽3～5米，渠高2～4米，纵坡一般为1/200。支渠全部布置在脊岭上，垂直等高线布置，采用双向灌溉。斗、农渠沿支渠两侧对称开设，有效地控制着整个灌区。小的斗、农、毛渠，阡陌纵横，密布于各支渠间的农田上，使全灌区没有不能灌上水的土地。灌区控制面积4.5万余亩，开垦的农田为1.7万亩。灌区下部与支渠尾端，或两条支渠尾端之间，有着较深的洼沟，沟内分布着砂砾石，应是当时的退水渠道，因灌区的退水冲刷而成。可见，整个灌溉渠道系统的布



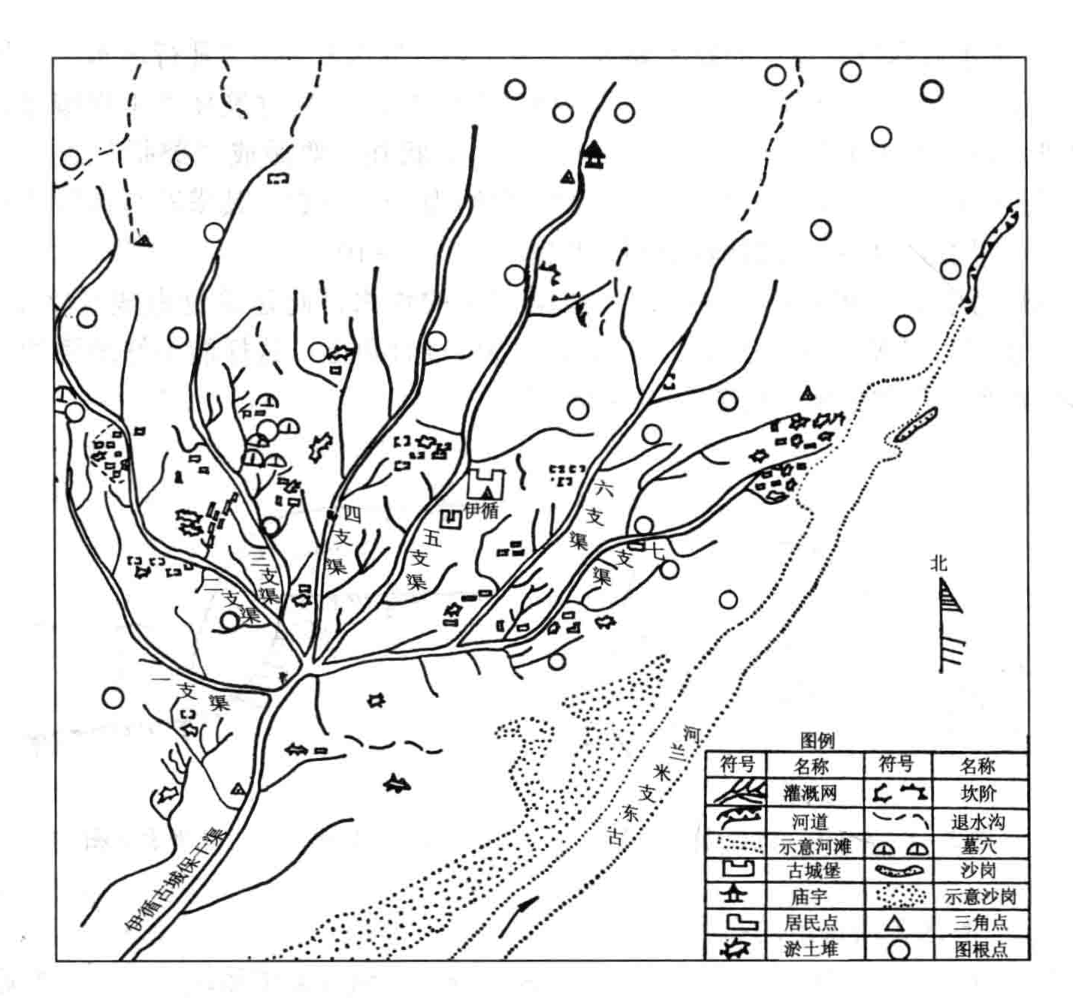


图2－1－3－12　米兰屯田灌溉遗址略图

（选自《水利史研究会成立大会论文集》）

置较为合理，干渠线路平直整齐，渠道引水势顺，进入灌区后，根据地形条件，采用集中分水的方式，由一处分出多股支渠。内部渠系分布均匀，双向对称。由于米兰河含泥沙量较多，所以渠道的纵坡较陡。米兰灌区渠道因地制宜的规划布局，良好的水头控制，以及渠道网系的完整性，在古代灌区中很是突出。两千年后的今天，为了重新开发利用这一地区，人们曾作古城灌溉区渠系规划，在精确进行地形测量后，全面采用现代的混凝土护面渠道，及钢筋混凝土建筑物的条件下，主要干支渠基本上仍布置在原渠位置，并仍旧采用双向灌溉和集中分水的方式。米兰古灌区是西汉时由内地派屯士去规划创建的，可代表当时社会的技术水平。由此可知，汉代时期渠系布置已达到相当高的技术水平。

（四）渠系建筑物

战国至南北朝时，渠系建筑物的种类已很多，如调节、配水的建筑物有分水闸、节制闸和放水闸涵等；交叉建筑物有隧洞、渡槽、倒虹吸管、涵管等；落差建筑物有跌水等；还有泄水、退水建筑物，量水建筑物等。渠道通过这些建筑物能较好地进行水量的调节、分配和控制，穿过复杂的地形，确保渠道安全不被冲毁。

1．调节、配水建筑物。上一级渠道向下一级渠道分水，需要修建调节和配水的建筑物。战国至南北朝时期，渠道上修建木闸、石闸已较为广泛，主要用于渠道进水处，如漳水十二渠、河内秦渠等。干渠向支渠分水及渠中水位调节也有修建闸



门的，如新疆米兰汉代灌溉渠系，干支渠上都设有闸门[102]。还有一些灌区是在分水处采用分水堰分水，如都江堰灌区。大灌区因渠道众多，设置的水门数量也可观。如出土的居延汉简中，在肩水候官（驻地湾）下有“水门隧”，说明此隧附近有水门。有一条简文专指制作水门之事，“作门，七十付口，成贤。右水门凡十四”[103]。简文中的“门”，应指作渠道上的木闸门，水门数达70，数量是较多的。所作的水门可能是支渠上的闸门，已定型制作。

2. 交叉建筑物。这是渠道与渠道、河流、洼地、山梁、道路相交时所修建的建筑物，分为平交建筑物和立交建筑物两类。

早期渠道在与河流相交时多采用平交的方法。如郑国渠与冶峪河、清峪河、浊峪河和石川河等溪谷水相交时，采用了“横绝”、“注入”、“搅合”等平交技术措施。关中成国渠在西魏大统十三年（公元547年）进行过改建工程。《太平寰宇记》卷二十七武功县下记载：“六门堰，西魏文帝大统十三年置六斗门节水，因名之。”六门堰是成国渠与漆水相交处所做的工程。据今人调查研究，成国渠过漆水的位置延伸至今王家窑、毛家嘴的峡谷处，此处峡谷窄深，又是沣、漆两个支流交汇处，颇为适宜[104]。见下页图2-1-3-13。在该处建堰工程量小，堰上设置六个斗门，根据需要视来水量的多寡进行调节，平时关闭斗门，引水入渠；洪水时打开斗门泄洪。西汉时成国渠过漆水河大概是在河中筑土坝堵水，使渠、漆汇合，待壅高水位后，自动向渠道的东面流去，但土坝在洪水时易冲毁，需要频繁修筑。曹魏建六斗门后运行管理方便，平交技术有了较大进步。

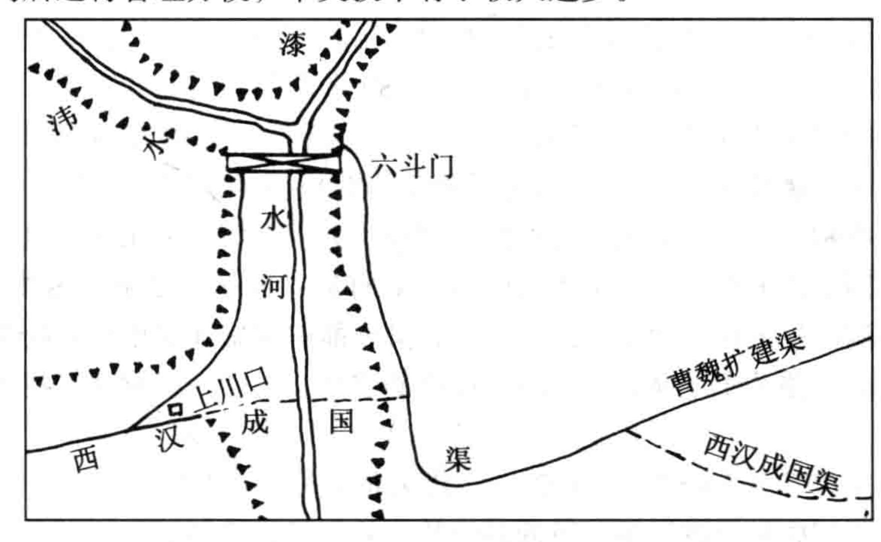


图2-1-3-13　曹魏成国渠过漆平面示意图

立交建筑物有隧洞、渡槽等。隧洞是渠道通过山体时开挖的工程。西汉时已在渠道线路中开凿了大规模的隧洞工程。《史记·河渠志》记载，汉武帝为了引洛水灌溉改良重泉（今陕西蒲城县南）以东万余顷的盐碱地，“发卒万余人穿渠，自征引洛水至商颜山下。岸善崩，乃凿井，深者四十余丈，往往为井，井下相通行水。水颓以绝商颜，东至山岭十余里间。井渠之生自此始。穿渠得龙骨，故名曰龙首渠”。

龙首渠口选在商颜山（今称铁链山）以北的征县（今陕西澄城县西南避难村）



西二公里处引洛河，引水高程约421米，顺着北高南低的地势开渠。由于洛河以东是海拔500米左右的高塬，仅沿河一公里左右有平坦地，因此渠线首段沿洛河东岸布设，向南行二十余公里，即遇商颜山的阻挡。开始先开挖明渠，但工程量过大，山岭土质又是黄土，渠岸容易崩塌。之后，改用井渠施工方法，即沿渠线布点开挖若干竖井，井与井之间凿隧道相通，构成穿过山岭的行水隧洞。竖井“深者四十余丈”（合今九十多米）。隧洞成为暗渠，长达十余里。见图2－1－3－14。

汉代龙首渠所开凿的隧洞，民国时期在开凿洛惠渠五号隧洞时已经发现，渠底高程比洛惠渠渠底高出20米左右，隧洞用柏木作支撑[105]。新中国成立后考古工作人员对汉代井渠工程遗迹进行了初步调查和试掘。龙首渠自今澄城县北头村附近引洛水入渠，南流十余里，越过大峪河，进入永丰境内。由河城塬到温汤的缓坡地带为第一段井渠，总长度约2 600米；由王武至大荔县义井为商颜山的山脊地带，为第二段井渠，总长度约4 300米。重点调查的第一段井渠，共发现竖井7个，井间距离不等，一般在160米～260米之间。一号竖井位于崖窑子村东南约30米，井口直径约1.26米。井中发现汉代的陶罐、瓮、盆、釜等残片。七号井位于河城塬村西约20米，井口直径1.24米，井深约27.80米[106]。

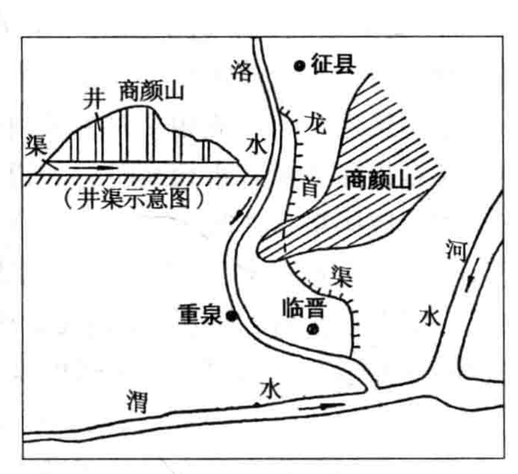


图2－1－3－14　龙首渠井渠施工法工程布置示意图

龙首渠用井渠法开挖水工隧洞，是先民的一大创造。在技术方面：一是掌握了凿深井的技术。竖井深达40丈，这记录处于当时世界的前列。开挖竖井，增加了工作面，又有利于出土，加快了开挖的进度；改善了隧洞中采光和通风的条件。二是掌握了隧洞定线的技术。十余里长的隧洞能打通，有一个复杂的定线技术问题。既要了解隧洞经过地区的地形、地质条件，又要能够准确地定出竖井的深度、隧洞的方向和坡降，使若干个竖井下的隧洞能准确交会，说明西汉时测量技术达到了相当高的水平。

龙首渠工程开了十余年，“渠颇通，犹未得其饶”。其原因可能是铁链山地质结构复杂，隧洞防护衬砌措施不过硬的缘故。井渠经过流沙潜泉地带时，仅靠柏木板和木支架支撑洞身，就会出现坍塌。直到近代在开挖洛惠渠通过铁链山的五号隧洞时，因遇到流沙涌泉，不得不四次改变施工方法，又进行一次大改道，历时十三年勉强打通，然仍未能通水，到1950年才放水浇地。所以龙首渠在两千一百多年前能开通长十余里的隧洞，是很了不起的。

龙首渠创造的井渠施工方法，对后世产生深远的影响。司马迁说：“井渠之生自此始。”（《史记·河渠书》）这种方法在汉武帝以后还传入西北地区。《汉书·西域传》记载：汉宣帝时，破羌将军辛武贤率兵15 000人至敦煌，“遣使者案行表，穿卑鞮侯井以西，欲通渠转谷，积居庐仓以讨之”。三国时人孟康在卑鞮侯井下注曰：“大井六通渠也，下泉流涌出，在白龙堆东土山下。”白龙堆在今罗布淖



尔东北，帝武贤遣使穿卑鞮侯井以西，正好到达罗布淖尔北岸。当时采用井渠法引泉通渠，其结构与今天新疆吐鲁番盆地的坎儿井应相同。又20世纪80年代，在新疆托克逊河加依乡境内盘吉尔山，发现了一处很大的岩画。岩画上除刻有动物图形外，还刻有类似于渠道、湖泊、坎儿井、农田及村落等的图形。画面上有许多按规律整齐排列的圆坑，并有浅槽将圆坑互相连接起来，最后一个圆坑下游为深槽。据分析，这些圆坑就是坎儿井的竖井，浅槽表示暗渠，深槽表示涝坝与明渠，画面描述了完整的坎儿井体系。据新疆博物馆考古研究所研究人员鉴定，岩画形成于古突厥王朝时代[107]，年代最晚不超过公元2世纪，说明新疆坎儿井修建年代可能很悠久，坎儿井的修建技术应导源于关中井渠法的西传。

渡槽，是渠道与河流、道路、沟谷等相交时修建的建筑物，也就是过水的桥，古代称为飞渠、架槽等。《水经注·渭水》载，西汉时从沉水向都城长安供水，“飞渠引水入城”，已经采用了渡槽工程。这是向城市供水，后来推广运用到灌溉渠道上。如东汉时都江堰灌区向望川原发展灌溉，新开渠道20里，《水经注·江水一》称：“凿山崖度水，结诸陂池。”此处“度水”，很可能是渡槽工程。

倒虹吸管，当渠道欲穿过其他渠道，以及山沟、道路时修建。它是两端连接明渠，而位置较渠底为低的压力水管，类似倒置的虹吸管，故称为倒虹吸管。其输水原理借助于上下游水位差。据已有的考古成果，古代城市建设中早已使用倒虹吸管。早在殷代，在当时的都城（今河南安阳小屯）已修建有陶制下水管道了。战国时期的阳城（今河南登封县东南）的城市供水系统中明确设置了倒虹吸[108]。秦汉时期灌溉渠道工程大量修筑，交叉建筑物设置很多，倒虹吸管也会用到灌溉工程中，这有待于今后的考古发现。

3. 落差建筑物。渠道设计要满足不冲不淤的要求。当地形过陡时，为避免大挖方和大填方，可以把渠道做成一段段缓坡，并在缓坡之间形成集中落差，修建的落差建筑物一般采用跌水和陡坡。关于跌水的技术战国时已有记载。上文讲到《考工记·匠人》载：“欲为渊，则勾于矩”应指跌水。跌水建成直角形，消能好，与现代的要求是一致的。

4. 泄水、退水建筑物。战国时修建的渠道已明确有退水的设施，渠中过多的水由退水渠泄入河道，如郑国渠干渠就存有几处退水渠遗迹。

5. 量水建筑物。为了合理地从水源引水，以及按计划向渠道配水，需要布设量水设施。战国时期已经开始对河流进行水位测量。据《华阳国志·蜀志》记载，秦代在都江堰白沙邮做三石人，这是见于记载的最早水尺。“三石人立三水中”，三水可能指内江、外江和未分流前的岷江。当时在实践的基础上，不仅掌握了岷江水位涨落的规律，还认识到河流水位与渠首流量之间有相关关系，“水竭不至足，盛不没肩”，水位在这个范围内，进入渠首的水量才不会过少或过多。如水位过低或过高，可采取一些措施进行调整。东汉建宁元年造的三神石人，也是测量河流水位的“水则”，作用与秦代的三石人同。

四、施工技术

在渠道施工技术上，由于实践经验的积累，这一阶段也出现一些明确的规范和先进的技术。



1．作沟渠样板。控沟渠和筑堤要先做好样板断面。《考工记·匠人》称："凡沟防，必一日先深之以为式，里为式，然后可以傅众力。"在施工前一日先做好"式"，即标准断面，每一里做一处样板，这样开工后大量的劳力有样板作标准，可以做到工程规格的统一，提高施工的质量和效率。

2．选择合适的施工季节。《吕氏春秋·季春纪》谓：季春之月命司空，"循行国邑，周视原野，修利堤防，导达沟渎，开通道路"。《淮南子·时则训》也有同样的说法。为什么筑堤开沟要在季春三月进行呢？《管子·度地》有较详细的说明："春三月，天地干燥，水纠列之时也，山川涸落。天气下，地气上，万物交通。故事已，新事未起。草木荑生可食。寒暑调，日夜分。分之后，夜日益短，昼日益长。利以作土功之事，土乃益刚"，并分析了夏、秋、冬不利作土功的原因。

《管子》所指的春三月是夏历的月份，是针对黄河中下游的情况而说的。首先，春三月气候干燥，河川水位降落，便于施工，还可在河滩地取土，既浚深了河床，又不需到远处运土。直到现代水利施工也都利用枯水期进行。第二，土壤春冻初解，挖出的土壤不是大块冻土，但又未完全干燥，这时土壤的含水量最适宜，能保证施工质量，"土乃益刚"。第三，此时上一年农事结束，新一年农事还未开始，处于农闲时期，水利施工不会影响农业生产。第四，春分（夏历二月）后，黑夜日益短，白天日益长，利于做土功。而夏三月，"天地气壮，大暑至，万物荣华"，农活正忙，不利做土功之事，是谓"防农焉"；秋三月，"山川百泉涌，降雨下，山水出"，土壤含水量大，"濡湿日生，土弱难成"，亦不利做土功之事；冬三月，"大寒起"，天寒地冻，取土困难，土硬不能捣实，"土刚不立"。因此做土功只有一年中春三月最为合适。当时确定施工季节考虑了多方面的因素，其中最重要的是要确保工程的质量。

3．采用石方施工。这一时期，渠道施工中大量采用的是土方工程。但由于铁工具的普及，石方工程施工也逐渐运用和普及。如修筑漳水渠坝、戾陵堰等都用了大量的石方。河内秦渠的水门曹魏时改建为石闸座。石坝比土坝结实，坝面还能过水。石质闸座坚固，使用时间较久。渠道亦出现了石渠，如汉代汝南建有"石洫"[109]。车箱渠是因渠道断面像车箱形而名，渠首干渠可能开凿石山或用石砌筑成渠。石砌渠道防冲和防渗作用增强，石方施工技术的进步使渠道工程更加坚固耐久，减少渠水渗漏，提高渠道水量有效利用系数。

4．火爆法的运用。战国后期李冰在四川凿山崖，采用"积薪烧之"的方法（《华阳国志·蜀志》），再加以水浇，石即坼裂，后代多所运用。如《后汉书》卷五八《虞诩传》引《续汉书》称：虞诩开漕道，自沮（今陕西略阳县东）至下辩（今甘肃成县西），为凿通峡道，"诩乃使人烧石，以水浇之，石皆坼裂，因镌去石，遂无泛溺之患"。这种开采石料的施工方法可能创始于新石器时期[110]，战国以后运用于水利工程上。

五、灌溉技术和灌溉管理

兴修灌渠把水引到田间，还要讲究灌溉技术，才能更好地满足作物对水分的需



求，以达到改良土壤的目的。春秋时已有畦灌、沟灌和淹灌等灌水技术①。战国至南北朝时期，灌溉技术又有创新，如淤灌改土、水温调节、遥润渗灌，以及制定灌溉用水制度等，这些技术在当时是较为先进的。

（一）淤灌改土

我国北方很多地区分布有盐碱土。如古代黄河中下游内陆地区的盐碱土，主要分布在黄河及其支流等河流的泛滥区。《尚书·禹贡》记载，冀州（今山西和河北的南部）的土壤是"白壤"，是为盐渍土。《史记·河渠书》称，关中平原有"泽卤"。而北方许多河流的含沙量又很高，如黄河，汉代就有"河水重浊，号为一石水而六斗泥"（《汉书·沟洫志》）的说法。在汛期，河流挟带的多是悬移质细泥，有机质含量丰富。战国时劳动人民已大量引用多泥沙的水流进行淤灌，不仅满足了作物对水分的需求，沉淀在农田的淤泥又有肥田的作用，灌溉淡水还溶解洗去土壤中的盐分，起到改良盐碱地的作用。淤灌改土方法大致可以分为稻田和旱地两种。

1. 种稻淤灌洗盐。漳水渠灌区是漳水泛滥的地区，有大片"终古舄卤"之地。"卤"，许慎《说文解字》谓："卤，西方咸地也。……东方谓之㡿（斥），西方谓之卤。"漳水含泥沙量很大，通过引漳河水淤灌，可达到灌溉、肥田、改土的目的。《汉书·沟洫志》称："决漳水兮灌邺旁，终古舄兮生稻粱。"瘠薄的盐碱地上长出了丰盛的"稻粱"。东汉顺帝时崔瑗任汲县令，"为人开稻田数百顷，通过开渠灌溉，将"泽田"改造成稻田，于是"斥卤之地，更为沃壤"[111]。

北方种稻改良盐碱地的方法，一般选择低洼之地开辟为稻田。据《水经注·浊漳水》引晋人陆翙《邺中记》载，漳水渠"水所溉之处，名曰晏陂泽"，应是一片低湿洼地，宜开辟为稻作区。因此，晏陂泽可能是漳水渠灌区种植水稻的主要地区。崔瑗也是将低洼的泽田种稻。水稻田灌溉采用淹灌法，田块作有低埂，通过灌水泡田冲洗和水稻生长期的灌溉、排水和换水，盐分逐渐洗淋下渗或随水排走，而淤泥沉积下来肥田，因此淤灌种稻改良盐碱地的效果显著。

2. 旱地淤灌洗盐。漳水渠灌区在低洼地种稻，在较高的土地上则种"粱"等旱作物。王充《论衡·率性篇》载，漳水渠所在舄卤之地，"灌以漳水，成为膏腴，则亩收一钟"。郑国渠引用泾水，泾水是黄河的支流，含沙量大，据现代实测，多年平均含沙量高达每立方米180公斤，且富含有机质。《汉书·沟洫志》称："（郑国）渠成，而用注填阏之水，溉舄卤之地四万余顷，收皆亩一钟。"颜师古注曰："注，引也。阏读与淤同，音于据反。填阏谓壅泥也。言引淤浊之水灌咸卤之田，更令肥美，故一亩之收至六斛四斗。"之后建成的白渠亦引泾水灌溉。《汉书·沟洫志》载民歌赞此两渠："泾水一石，其泥数斗，且溉且粪，长我禾黍。"东汉时开的引泾水的樊惠渠："流水门，通窬（即窦）渎，洒之于畎亩。清流浸润，泥涝浮游，曩之卤田，化为甘壤。粳黍稼穑之所入，不可胜算。"[112]通过

① 畦灌：《说苑·反质》"卫有五大夫，俱负缶而入井灌韭，终日一区。""区"，据《史记·货殖列传》"千畦姜韭"之下王逸注："畦，犹区也"，所以"区"可作为"畦"解。沟灌：西周时盛行"畎亩法"，一直延续到春秋之时。畎亩法即农田采用垄作结构，沟垄相间，有利于排水。但在干旱时可能会利用畎进行灌溉，春秋时开始重视灌溉，所以利用垄作结构进行沟灌应起始于这一时期。淹灌：淹灌多用于稻田灌溉。《诗经·小雅·白桦》："滮池北流，浸彼稻田。""浸彼稻田"就是淹灌。



灌水和放淤，既浇灌作物，又改良了土壤。

旱作淤灌改土的技术方法：

一是采用“甽浴土”的方法。战国末年的著作《吕氏春秋·任土篇》提出：“子能使吾土靖而甽浴土乎？”的问题。“靖”是洁净，“甽”是田间水沟，“浴”是洗涤。此“甽浴土”大约是从畎亩法发展而来，须在田中开沟，通过降雨淋洗，使土壤中的盐分溶解于淡水中，再从沟道排走，逐步降低土壤耕作层的含盐量，达到脱盐的目的。《吕氏春秋·辨土》还提出“亩欲广以平，甽欲小以深”。这既有利于作物的栽培生长，同时开挖深沟，也利于降低地下水位，防止土壤返盐。战国以后，随着灌排渠道的大量兴建，农田中也会“洒之于畎亩”（蔡邕《京兆樊惠渠颂》），采用沟灌法，用“填淤”之水且灌且粪，多余之水通过排水沟道排走，这加速了土壤的脱盐过程，比仅依靠降雨脱盐技术又有很大进步。

二是采用畦灌法，关中郑渠、白渠的灌水方法，是在洪水时期引浑水灌溉。历史上引泾灌区多是修筑大畦灌溉，因此早期淤灌也很可能采用大畦灌溉，灌水地块的大小因记载缺乏无从知晓。当然也必须要有排水系统相配合，否则会引起次生盐碱化。从“关中为沃野，无凶年”（《史记·河渠书》）看，其淤灌取得了很好的成效。

对淤灌改土的作用，西汉贾让在“治河三策”中说：因黄河泛滥，“水行地上，凑润上彻，民则病湿气，木皆立枯，卤不生谷”。而“若有渠溉，则盐卤不湿，填淤加肥；故种禾麦，更为粳稻，高田五倍，下田十倍”（《汉书·沟洫志》），肯定了浑水淤灌改土的作用，肯定了利用黄河水沙资源的积极作用。淤灌，同时利用了河水中的水和泥沙，变害为利，这种技术经验对后代产生了深远的影响，在世界水利技术上也有着特殊的地位。

古代埃及尼罗河和美索不达米亚平原引洪淤灌的历史可以追溯到公元前4 000年以前，开始任凭河水泛滥，水退后再种庄稼。以后才修灌渠或堤围淤灌。而我国很早就采用工程措施淤灌，对淤灌的技术经验似总结得更丰富些。

（二）水温调节

灌溉水温与作物生长期所需的水温并不一定适宜，灌溉水过冷或过热都会影响作物生长，这就需要对水温进行调节，这在西汉时已有较好的总结。汉成帝时成书的《氾胜之书》在“稻”篇中说：“始种稻欲温，温者缺其塍，令水道相直；夏至后大热，令水道错。”这是对水稻田采用“水道相直”来保温，用“水道（相）错”来降温，即利用水流进出口方位的变换来控制稻田的水温。见下页图2－1－3－15。《氾胜之书》记述的是2 000年前关中地区的情况，“冬至后一百一十日可种稻”，也即清明之后种稻，此时北方气温尚低，灌溉水温也低，而稻田中水层浅，受日照后易提高温度，有利于稻苗生长。因此，早期稻田灌水，应把田埂上的进水口和出水口安排在田块的一边，这样对整个田块中的水牵动较少，有利于保持稻田水温。夏至以后，天气炎热，稻田水层经日晒后温度过高，于水稻生长不利。此时灌溉水温低于稻田水温，应把进水口和出水口错开，使水流斜穿过田面，利于降低田块中的水温。这虽然用了串灌，易使肥料流失一部分，但在控制水温方面有着良好的作用。



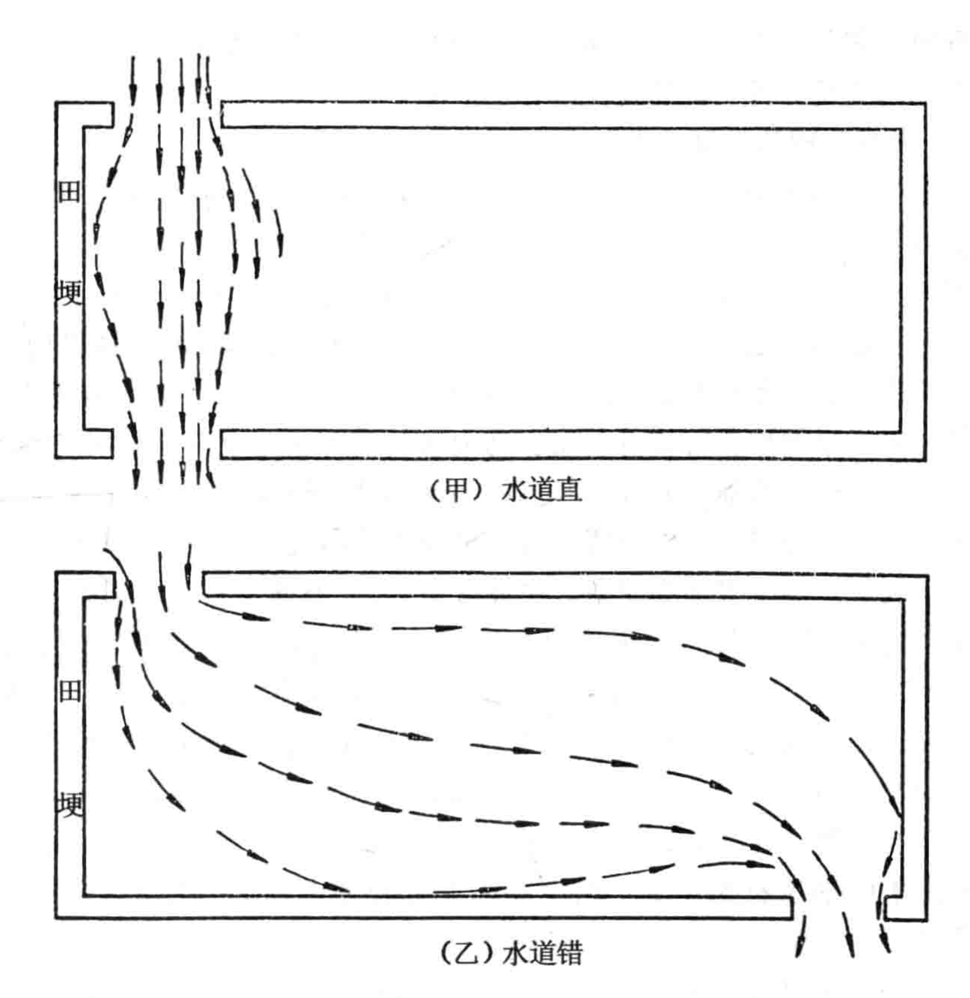


图2－1－3－15　稻田水道相错相直调节水温方法示意图

汉代对旱作物的灌水，也注意到水温调节问题。《氾胜之书·麻》谓："天旱，以流水浇之，树五升；无流水，曝井水，杀其寒气以浇之。"热天用井水浇麻，因井水温度低，要经过日晒提高水温后才能浇田。此虽讲的是井水，但其原则对引泉灌溉进行水温调节也是适用的。夏天，泉水温度低，也要晒过处理后才能浇田，这一技术后代地方志中多有记载。

（三）遥润和渗灌

遥润、渗灌都是节水灌溉的方法，并配合区种法实施。区种法西汉时创造，是一种经济用水、集中施肥和配合深耕的抗旱丰产农作技术，遥润、渗灌皆是为区种而设计的省水抗旱技术。

遥润实际是沟灌的一种方法。《氾胜之书·瓠》讲到区种瓠时，"旱时须浇之，坑畔周匝小渠子，深四五寸，以水停之，令其遥润，不得坑中下水"。这是在种瓠的坑（小区）周围开挖小沟，深四五寸，注水入沟中，通过"遥润"供给瓠株水分。这种小沟灌水法，既能保持土壤的团粒结构，不使瓠根处土壤板结，影响植株生长，又比大沟灌水节省水量。

渗灌是灌溉水从地面以下一定深度处浸润土壤的灌水方法。《氾胜之书·瓜》记载了一种埋设瓦瓮进行渗灌的方法：区种瓜时："以三斗瓦瓮埋著科中央，令瓮口上与地平，盛水瓮中，令满。种瓜瓮四面各一子，以瓦盖瓮口。水或减，辄增，常令水满。"就是通过瓦瓮的渗透作用，均衡地供给瓜株水分，这样土壤就不会产



生板结现象，避免了水分流失，减少了水分蒸发，节省了灌溉水量，这在干旱的北方地区来说确实是一种简便易行又合理的灌溉方法。

（四）灌溉管理和灌溉用水制度

我国进行水利灌溉管理的历史很早。相传虞舜时就令伯禹作“司空”，从事“平水土”的工作（《尚书·舜典》）。夏、商、周时也都设“司空”职官，主管水土等工程。《荀子·王制》说司空的职责是“通沟浍，行水潦，安水藏，以时决塞”。《管子·立政》也有类似的记载。《管子·度地》中载有水官的机构和其具体的职责。文中载：“除五害之说，以水为始。请为置水官，令习水者为吏。大夫、大夫佐各一人，率部校长官佐各财足，乃取水（官）左右各一人，使为都匠水工，令之行水道城郭堤川沟池官府寺舍及洲中当缮治者，给卒财足。”水官冬季要巡视堤防沟道，春季进行修治，雨季要及时抢护加固。秦汉时期，适应大规模水利建设的需要，水利职官的设置渐趋完备。中央有司空，“掌水土事，凡营城起邑，浚沟洫、修坟防之事，则议其利，建其功。凡四方水土功课，岁尽则奏其殿最而行赏罚”[113]。司空之下，太常、少府、大司农、水衡都尉等部门分别设有管理水利的都水官。如汉代水衡设都水使者。太常下设“有都水长丞，主陂池灌溉，保守河渠”[114]。此外，在京师所在地的京兆尹、左冯翊、右扶风等三辅地区及各郡国也皆有都水官的设置。有些灌溉水利发达的地方，亦专设水利官员。如据 1974 年都江堰渠首出土的李冰石像题刻，东汉蜀郡设有管理水利的“都水掾”。三国蜀汉时，诸葛亮在都江堰设“堰官”，专门管理都江堰，常年有 1 200 人护堰（《水经注·江水一》）。可见我国很早就重视水利的管理，大的灌溉工程的修建多由国家主持，地方各级政府也有专官负责灌溉水利，有的规模大的灌溉工程设有专官管理，形成中央、地方、基层多级管理体制，有力地促进了灌溉工程的兴建和维护。

灌溉用水制度的制定明确记载始于西汉时。《汉书》卷五八《倪宽传》记载，汉武帝元鼎六年（公元前 111 年），倪宽主持兴修关中六辅渠，在灌区“定水令，以广溉田”。颜师古注曰：“为用水之次具立法，令皆得其所也。”可见水令就是灌溉用水制度，这是首次见于记载。北魏时，刁雍在河套地区开引黄灌渠艾山渠，亦制定了灌水制度：“一旬之间，则水一遍，水凡四溉，谷得成实。”[115]对作物的灌溉次数作了规定。灌溉用水制度的制定，好处是多方面的：一是实行计划用水，合理调配水量，利于节约用水，“以广溉田”，使有限的水资源灌溉更多的农田。二是可避免滥施灌水，以抬高地下水位引起次生盐碱化，这在北方地区尤其重要。三是按作物生长规律制订灌水计划，科学性更强，“谷得成实”，增产效果明显。四是有助于解决水利纠纷，“以防纷争”（《汉书·召信臣传》），使上下游、旱区和稻区等灌溉能统筹安排。

参考文献

〔1〕《马克思恩格斯选集》第 4 卷，人民出版社，1972 年，第 159 页。

〔2〕《左传·宣公十二年》。

〔3〕《荀子·王制》。



〔4〕明·董说:《七国考》卷二引《水利拾遗》。
〔5〕《战国策·魏策二》。
〔6〕《史记》卷六八《商君列传》。
〔7〕《汉书》卷二八下《地理志》。
〔8〕《汉书》卷二九《沟洫志》。
〔9〕《史记》卷四四《魏世家》载:“任西门豹守邺,而河内称治。”系于魏文侯二十五年前。
〔10〕《史记》卷一二六《滑稽列传》。
〔11〕《华阳国志》卷三《蜀志》。
〔12〕《史记》卷二九《河渠书》。
〔13〕《史记》卷一二九《货殖列传》。
〔14〕《马克思恩格斯选集》第4卷,人民出版社,1972年,第505页。
〔15〕《史记》卷一一二《主父偃列传》。监御史叫史禄,或监禄。
〔16〕《史记》卷一〇《孝文帝本纪》。
〔17〕《汉书》卷二四上《食货志》。
〔18〕《汉书》卷四〇《张良传》。
〔19〕《史记》卷三〇《平准书》。
〔20〕《文选》卷一,中华书局1977年影印本。
〔21〕《汉书》卷六《武帝纪》。
〔22〕《资治通鉴》卷一九《汉武帝纪》系此事在元狩三年。《汉书·武帝纪》系于元狩四年,引年应汇报此事。
〔23〕《汉书》卷九四《匈奴传》。
〔24〕《汉书》卷九六下《西域传下》。
〔25〕《汉书》卷九六上《西域传上》称:“徙屯田,田于北胥鞬,披莎车之地。”颜师古注曰:“披,分也。”又《水经注·河水二》称:“莎车城西南去蒲犁七百四十里,汉武帝开西域,屯田于此。”谓武帝时已屯田于莎车。钮仲勋先生认为此时屯田到不了莎车,“披莎车之地”,似为“车师”之误。
〔26〕《后汉书》卷八八《西域传》。
〔27〕《汉书》卷六九《赵充国传》。
〔28〕《后汉书》卷二四《马援传》。
〔29〕《后汉书》卷八七《西羌传》。
〔30〕侯仁之等:《乌兰布和沙漠的考古发现和地理环境的变迁》,《考古》1973年第3期。
〔31〕杨守敬:《水经注疏》卷三《河水三》。
〔32〕《史记》卷一一〇《匈奴传》。是年据《史记》卷一二三《天宛列传》记载:“益发戍甲卒(应为戍田卒)十八万酒泉、张掖北,置居延休屠以卫酒泉。”
〔33〕《居延汉简释文合校》303·15(大湾)。
〔34〕黄盛璋、钮仲勋:《历史时期新疆地区的水利开发》,《新疆历史论文集》,新疆人民出版社,1978年。
〔35〕《从出土文物看新疆和祖国的历史关系》,载《民族团结》1964年第9期。
〔36〕饶瑞符:《汉唐时代米兰屯田水利初探》、《水利史研究会成立大会论文集》,水利电力出版社,1984年。
〔37〕《三国志》卷一《魏书·武帝纪》注引《魏书》。
〔38〕《读史方舆纪要》卷四七开封府临颍县。



〔39〕《魏书》卷七下《高祖孝文帝纪下》。

〔40〕《晋书》卷三七《司马孚传》。

〔41〕《晋书》卷一《宣帝纪》。

〔42〕《后汉书》卷二二《王梁传》。

〔43〕《后汉书》卷三五《张纯传》。

〔44〕《洛阳伽蓝记》卷四。

〔45〕《后汉书》卷五《安帝纪》。

〔46〕《水经注》卷九《沁水》。

〔47〕晋·陆翙：《邺中记》。

〔48〕《水经注》卷一〇《浊漳水》。

〔49〕《后汉书》卷三一《张堪传》。

〔50〕《魏书》卷六九《裴延儁传》。

〔51〕《北齐书》卷二二《卢文伟传》。

〔52〕《隋书》卷二四《食货志》。

〔53〕《北齐书》卷一七《斛律金附斛律羡传》。

〔54〕《魏书》卷一二《魏孝静帝纪》。

〔55〕《北史》卷五《西魏文帝纪》。

〔56〕《太平寰宇记》卷二七雍州武功县条。

〔57〕《周书》卷二〇《贺兰祥传》。

〔58〕《周书》卷五《武帝纪》。

〔59〕《魏书》卷三八《刁雍传》。

〔60〕《观堂集林》卷一七《流沙坠简序》。

〔61〕吐鲁番地区文管所：《吐鲁番出土十六国时期文书》，《文物》1983 年第 1 期。

〔62〕《史记》卷四四《魏世家》载：魏文侯“二十五年……西门豹守邺，而河内称治”。在二十五年下追述择相之事，及西门豹事迹。《史记·六国年表》则列择相在魏文侯二十年。

〔63〕《史记》卷一二六《滑稽列传》附褚少孙补西门豹事迹。

〔64〕姚汉源先生认为二十里应为十二里，漳水渠在今丰乐镇至上七垣之间。如末一堰上溯 20 里，则到今岳城古三户津附近，似太靠上游。见姚汉源《西门豹引漳灌溉》，水利水电科学院《科学研究论文集》第十二集，水利电力出版社，1982 年。下文所述堆石堰、漳河现代坡降和流量也参见此文。

〔65〕唐·岑参：《石犀》诗，《全唐诗》卷一九八。

〔66〕《蜀王本纪》题汉·杨雄撰，清·洪熙煊《问经堂丛书》有辑本。

〔67〕《华阳国志》卷三《蜀志》。

〔68〕《华阳国志·蜀志》：李冰“乃自湔堰上分穿羊摩江灌江西。”

〔69〕1985 年，在成都市方池街发现一处春秋中期的防洪护岸工程，工程是用竹篾络卵砾石垒筑而成的三条砾石埂子。参见雷玉华《考古所见川西先秦两汉水利》，《古今农业》1992 年第 1 期。

〔70〕《元和郡县志》卷三一彭州导江县。

〔71〕四川省水利电力厅都江堰管理局：《都江堰》第三章，水利电力出版社，1986 年。

〔72〕温成拙等：《都江堰鱼嘴分流分沙是否弯道环流作用探讨》，《四川水利》1982 年第 4 期。

〔73〕范文涛等：《从系统科学原理看都江堰渠首工程》，《自然杂志》1985 年第 12 期。

〔74〕郦道元：《水经注》卷三三《江水一》也有记载：李冰“西于玉女房下白沙邮作三石



人，立水中，刻要江神，水竭不至足，盛不没肩，是以蜀人旱则藉以为溉，雨则不遏其流”。

〔75〕张绪造等：《李冰及堰工石像出土纪实》，《四川水利》1994年第4期。

〔76〕据《水经注》卷三三《江水一》，郫江、检江为李冰所开，西汉时蜀守文翁又穿湔洩口，即穿蒲阳河口，灌溉繁（今彭县西北）田1 700顷。

〔77〕湔氐道，汉改秦湔氐县置。“长”为湔氐道最高官员，不是蜀郡都水长，因当时蜀郡未设都水长这一官职。

〔78〕《蜀王本纪》载：“江水为害，蜀守李冰作石犀五枚，二枚在府中，一枚在市桥下，二枚在水中，以厌水精，因名石犀里也。”

〔79〕史念海：《论两周时期黄河流域的地理特征》，《河山集》二集，三联书店，1981年，。

〔80〕叶遇春：《郑国渠初探》，载《陕西水利·水利志专辑》1987年第1期。叶遇春：《从郑国渠到泾惠渠》，《古今农业》1990年第2期。

〔81〕叶遇春：《引泾灌溉技术初探——从郑国渠到泾惠渠》，载《水利史研究会成立大会论文集》，水利电力出版社，1984年，第36页。

〔82〕叶遇春：《郑国渠渠首引水方式辨析》，《水利史志专刊》，1991年第2期。又谢方王、李林：《郑国坝析疑》（《中国近代水利史论文集》，河海大学出版社，1992年）也持此观点。本书以下分析也据此两文。

〔83〕乾隆《三原县志》卷七。

〔84〕叶遇春：《历代引泾工程渠口位置辨析》，《黄河史志资料》，1991年第4期。

〔85〕秦中行：《秦郑国渠渠首遗址调查记》，《文物》1974年第7期。

〔86〕叶遇春：《历代引泾灌区工程再探》（油印稿）。

〔87〕叶遇春：《引泾灌溉技术初探》，《水利史研究会成立大会论文集》，水利电力出版社，1984年。

〔88〕李健超：《秦始皇的农战政策与郑国渠的修凿》，《西北大学学报》1975年第1期。

〔89〕杨立业：《郑国渠白公渠渠线考证》，《陕西水利·水利志专辑》1987年第2期。

〔90〕《中国水利史稿》上册认为，《水经注》所说的“绝”是指横度与直度，是修筑简易渡槽，采用立交的方法。但渡槽如过数百秒立方米的暴水，并非易事，即使过数十秒立方米的郑渠水，在当时许多技术问题恐也难解决，所以采取的应为平交的方式。

〔91〕陕西省水利厅编《陕西省水文统计》一书所载的1932～1957年水文资料，泾河张家山站多年月平均流量。引自《中国水利史稿》（上册），水利电力出版社，1979年，第125页。

〔92〕宋·宋敏求：《长安志》卷一九富平县下载有堰武渠、白马渠、长泽渠、高望渠、文昌渠、石水渠、永济渠、阳渠、直城渠皆引漆沮河水灌溉民田。同书卷二〇的三原县下记载引清水谷河、浊谷河溉民田。

〔93〕杜升云：《兴安石制水准方位仪》，《广西水利水电科技·水利史志专刊（五）》1989年6月。

〔94〕谭其骧：《二千一百多年前的一幅地图》，《文物》，1975年第2期；王成组：《中国地理学史》上册，商务印书馆，1982年，第70页。

〔95〕叶遇春：《引泾灌溉技术初探——从郑国渠到泾惠渠》，载《水利史研究会成立大会论文集》，水利电力出版社，1984年，第36页。

〔96〕《旧唐书》卷一六五《温造传》“（太和）五年（813年）……奏开浚怀州古秦渠枋口堰”指出枋口堰是古秦渠。《后汉书》卷五《安帝纪》：诏河内等“各修理旧渠”。汉代河内已有旧渠。据《水经注》卷九《沁水》载司马孚的奏文，枋口堰在汉代已存在。其初建年代很可能在秦代。

〔97〕载《全上古三代秦汉三国六朝文》卷七四。

〔98〕详见郑连第：《灵渠工程史述略》，水利电力出版社，1986年。

〔99〕武汉水利电力学院、水利水电科学研究院：《中国水利史稿》（上册），水利电力出版社，1978年第236~237页。

〔100〕张松山：《成国渠史考》，《陕西水利志专刊》，1987年第1期。

〔101〕饶瑞符：《汉唐时代米兰屯田水利初探》，载《水利史研究会成立大会论文集》，水利电力出版社，1984年。

〔102〕孟池：《从新疆历史文物看汉代在西域的政治措施和经济建设》，《文物》1975年第7期。

〔103〕《居延汉简释文合校》565·12（地湾）。

〔104〕张松山：《成国渠史考》，《陕西水利·水利志专刊》1987年第1期。

〔105〕陈俊发：《龙首渠渠线初探》，《黄河史志资料》1990年第2期。

〔106〕张瑞岺、高强：《陕西蒲城永丰发现汉龙首渠遗迹》，《文物》1981年第1期。

〔107〕梁翊德：《新疆水利的考古新发现》，《中国水利》1990年第10期。

〔108〕河南省文物研究所登封工作站、中国历史博物馆考古部：《登封战国阳城贮水输水设施的发展》，《中原文物》1982年第2期。

〔109〕《后汉书》卷二九《鲍永附鲍昱传》。

〔110〕火爆法可能在新石器遗址南海西樵山（距今约6 500~6 000年）已开始采用，见黄慰文《广东南海县西樵山遗址的复查》，《考古》1979年第4期。

〔111〕《后汉书》卷五二《崔瑗传》，《北堂书钞》卷八九，《太平御览》卷二六八。

〔112〕汉·蔡邕：《京兆樊惠渠颂》，载《全上古三代秦汉三国六朝文》卷七四。

〔113〕《续汉书》卷二四《百官志一》。

〔114〕《晋书》卷二四《职官志》、《通典》卷二七《职官九》。

〔115〕《魏书》卷三八《刁雍传》。



第二章
蓄水陂塘

我国兴修陂塘的历史很早。传说夏禹治水时，曾从事“陂九泽”的工程。《诗经·陈风·泽陂》载：“彼泽之陂，有蒲与荷。”陈国西周已封，都宛丘，治今河南淮阳县。春秋中期，在淮南创建了大型蓄水陂塘芍陂。西汉时，陂塘工程在汉水、淮河流域得到较大发展，集中在汉中、南阳和汝南三个地区。东汉至南北朝时期，由于经济开发南移，而南方多丘陵山地，适于修建陂塘工程，于是陂塘水利向长江以南地区推进，形成这一时期我国农田水利的发展以陂塘蓄水工程为主的态势。

陂塘要修筑堤坝形成库容蓄水，又要设置闸门对水量进行分配控制，还要建造溢流等设施，以保证水库的安全。因此，其水工技术比单纯的引水工程似更为丰富。我国春秋至南北朝时期是陂塘工程技术发展的重要时期，取得的技术成就甚多。

陂塘工程可以对天然径流进行调节，以兴利除害，这增大了人们对水资源的利用程度。

古代人民为了充分利用水资源，使陂塘发挥更大的效益，还创造出陂渠串联的型式，以在更大的范围内进行水量调配。

第一节　陂塘灌溉工程的发展情况

中国各地兴修的水利工程类型，因气候、雨量、地形等的不同而有所差别。北方黄河中下游地区平原广袤，但气候干燥，降水量少，河流密度不大，故多兴修大中型长距离引水渠道工程。南方多丘陵山地，大平原少（大平原只有长江中下游平原、珠江三角洲和成都平原等地），地形较破碎，气候湿润，雨量丰沛，河流密度较大，故而以兴修中小型的陂塘堰坝水利工程为主。

春秋至南北朝时期，淮河和长江流域的丘陵和高亢平原得到较多的开发，种植的作物以水稻为主，但由于降水不甚均衡，而丘陵和高亢平原又容易受旱，为了发展农业生产，就需要兴修陂塘蓄水灌溉工程。春秋战国时楚国努力开拓江淮地区，取得的陂塘建设成就最大，工程技术有了质的飞跃。两汉时期重视南方地区的开发，淮河、长江中下游地区涌现一批大中型陂塘工程，小型陂塘还向西南边疆地区推进，陂塘工程技术有了长足的进步。三国两晋南北朝时期，江淮地区是南北政权争夺之地，配合军事屯田的进行，陂塘工程有较多的修建。这时期，北方战乱频繁，南方较为安定，大批北人南迁，促进了江南地区的开发，以六朝京城建康一带兴修的陂塘最多，工程技术也有不少进步。

一、春秋战国陂塘工程的兴建

春秋初期，淮河、长江中下游地区的诸侯大国有楚、吴和越国，同时江淮地区

还散布着许多小国和部落。这些国家中以楚的土地最广，实力最强。楚一方面北进扩张，问鼎中原，另一方面东进淮南之地。公元前623年，楚穆王灭江（今河南正阳县南，息县西）。次年灭六（今安徽六安县北，北境囊有芍陂地区）、蓼（今河南固始县东北）两国，接着灭舒（今安徽庐江县西南）。公元前617年灭蒋（今河南固始县西北期思集）。楚庄王登位后，着力改革政治，庄王九年（公元前605年）任命孙叔敖为令尹。在孙叔敖辅佐下，楚国更加强大。庄王十三年，平群舒之叛，将东疆划定于滑汭，即今合肥市东一带。楚为了加强国力，巩固东疆，及南下与吴国抗衡，重视发展淮南地区的农业生产。淮南丘陵地区旱灾威胁最大，因而需要兴修水利灌溉工程。孙叔敖任令尹后，在淮南一带兴建了一系列的农田灌溉工程，其中以芍陂蓄水工程规模最大。

芍陂的兴建不仅出于楚国政治经济上的需要，而且其时也具备了兴修水利工程的客观条件。芍陂利用了淮南后陵的低洼泽沼之地，加以人工筑堤而成，有利的自然地理条件节省了大量的工程量。此外，楚国的生产技术、文化水平并不比中原落后，春秋时其青铜铸造业甚至还超过一些中原国家，具有兴建大型灌溉工程的技术条件。又国内封建制的生产关系已逐渐取代奴隶制的生产关系，从而调动了民众的积极性，这就为兴建芍陂提供了大量的劳动力，使芍陂得以成功建成。

芍陂“陂周一百二十许里”[1]工程规模很大，是我国大型蓄水陂塘的首创，其灌溉效益很大。晋代伏滔《正淮论》说：“龙泉之陂（即芍陂），良畴万顷。”[2]由于芍陂灌区一带经济迅速发展，对寿春城市的繁荣也起了巨大的作用。战国后期楚考烈王二十二年（公元前241年）迁都寿春（今安徽寿县），说明寿春已有了建都的条件，这与周围有丰裕的粮食供应密切有关。故唐人樊珣说：“昔叔敖芍陂能张楚国。”[3]这一评语反映了芍陂对促进楚国政治经济发展所起的重要作用。

楚国在兴建芍陂等陂塘之后，继续在国内发展陂塘水利。《左传·襄公二十五年》记载：楚康王十二年（公元前548年），司马蒍掩为了征收田赋充军资，对土地进行规划，“蒍掩书土田，度山林，鸠薮泽，辨京陵，表淳卤，数疆潦，规偃猪，町原防，井衍沃，量入修赋”。其中“规偃猪”，偃通堰，《周礼·稻人》郑玄注“偃猪，畜流水之陂也”。可见，偃猪就是人工陂塘。在这一大规模的土地勘查规划中，陂池建设占有相当重要的地位。可见在江汉、江淮大地上，陂塘工程修建应比较多了。

楚国的水工技术还随楚人的迁徙传播到吴、越国家。据早期的地方志《越绝书》记载，吴、越的水利工程皆兴修于孙叔敖筑芍陂之后。楚人伍员仕吴，范蠡、文种仕越，他们分别帮助吴、越两国强盛起来，经济的发展得助于一定程度的水利兴修，这与楚国水工技术的传播推广应是有联系的。如越国在会稽山北麓修筑拦蓄山水的吴塘、苦竹塘、秦望塘和唐城塘等。《越绝书·地传》记载：“勾践已灭吴，使吴人筑吴塘，东西千步，名辟首。后因以为名曰塘。”吴塘遗址尚存，其选址合理，反映出当时筑塘的技术水平（详见下文）。

步入战国时期，小型陂塘兴建更多。青川秦墓中出土的“为田律”，其中有“十月为桥、修波（陂）堤，利津梁”[4]的记载。即规定十月修桥，修陂塘等。“为田律”是秦国制定的法律，当在秦国统治范围内推行，其在四川地区发现，说



明当时川西一带曾认真执行此律，陂塘灌溉必定有所发展。小型陂塘工程修筑简便，适于土地私有状况下发展农业生产的需要，还能兼养殖水生动植物。

春秋战国时期，陂塘灌溉事业虽然处于开创阶段，但起步阶段的水工技术已有相当的高度。

二、两汉社会陂塘工程的发展

（一）两汉社会与陂塘工程

西汉中期以后至东汉时期陂塘工程在两淮平原及长江以南地区得到迅速发展，是有其历史背景的。

第一，国家重视兴修陂塘水利工程，以发展地区经济。如原先两淮平原开发不够，由于汉武帝时大兴农田水利，“汝南（治今河南平舆北）、九江（治今安徽寿县）引淮……皆穿渠溉田，各万余顷”。除“通沟渎”外，还“畜陂泽所以备旱也”[5]。这促进了陂塘工程的兴建，汝南、南阳等地的陂塘建设盛行起来。东汉时期，京都迁到洛阳，政治中心东迁南移，经济建设也随之南移，如南阳郡（治今河南南阳市）是光武帝生长之地，因位于京都洛阳之南，当时称南阳郡治宛县为南都，政治经济地位益加重要，南阳陂塘水利及技术也进一步发展，庐江、广陵及长江以南地区亦有较多的修筑。

第二，人口增加，为兴修水利工程提供了较多的劳动力。据《汉书·地理志》记载，元始二年（公元2年）全国人口按现省区界限划分，统计得出人口密度[6]，排在前面的为以下五省：河南省人口密度为78.1人/平方公里、河北省为32.03人/平方公里、山东省为78.1人/平方公里、江苏省为28.5人/平方公里、安徽省为26.3人/平方公里。到东汉永和五年，（公元140年）全国人口密度也仍然以这五省为高。河南北部、河北、山东即当时称为的关东之地，人口众多，经济发达，水利发展引渠灌溉。河南南部、安徽、江苏（人口主要分布于长江以北）人口数仅次于关东，当时农业开发由北向南渐次进行，因此首创了不少大型陂塘工程，陂塘灌溉盛行。但与后代相比，两淮地区人口仍然相对较少，国有公田较多，故能兴修占地很多的陂塘群。

第三，封建地主制经济在全国的确立，促使南方陂塘水利的兴修。两汉时期，封建地主制在全国已经完全确立。南方地区多丘陵山地，雨量丰沛，这一地理条件适于修筑陂塘工程。当时封建地主对土地拥有自由的支配权，为提高水田生产的产量，他们多兴修小型的陂塘灌溉工程，这就是南方出土众多两汉时期（以东汉为多）陂塘水田模型的原因。尤其是西汉中期以后，官僚、地主、商人三位一体的倾向趋于明显，豪强地主地位和势力有很大发展，如东汉政权的建立就得力于南阳等地豪强的支持。豪强地主财势大，大多霸占水源修筑陂塘为己谋利。如《史记·酷史列传》记载，汉武帝时，宁成在家乡南阳“贳贷陂田千余顷，假贫民，役使数千家”。宁成拥有千余顷的陂田，陂塘灌溉规模可谓不小。

第四，有些地区因具有重要的政治经济战略地位，促使陂塘水利得以发展。如汉中地区在西汉初兴修的陂塘，相传由汉初大臣张良、萧何所创。当时楚汉相争，萧何曾“居宁汉中，足食足兵”（《华阳国志·汉中志》），为刘邦提供充足的粮秣供给。汉武帝时期曾组织大批劳力开凿褒斜道，改善汉中与关中的交通条件，以转



运“汉中之谷”。汉中政治经济的重要性由此可见。要发展农业生产，必然要有相应的水利灌溉设施，所以两汉时期汉中塘堰水利发达。

两汉时期的陂塘建设以汉中、南阳和汝南三个地区最为集中；江淮之间的庐江（治今安徽庐江西南）、广陵（治今江苏扬州市西北）地区陂塘亦有较多的修筑；江南地区创建了一些大型陂湖；西南地区则发展众多的小型陂塘，说明两汉时期陂塘工程技术在南方已被广为掌握。

（二）汉中、南阳、汝南地区陂塘的兴建

汉中是镶嵌于秦岭和大巴山之间的一个盆地，属于今陕南地区，古代是联系关中与巴蜀的通道，政治军事地位突出。盆地中部为河流冲积平原，土层较厚，周围广布丘陵岗地，气候温暖，热量丰富，雨量较充沛，年平均降水量达600～1 000毫米，适于水稻生长。境内有汉水及其众多的支流，水资源状况良好。但年内降水不均，地形坡度又陡，夏秋多暴雨，易发生洪涝，多日无雨，农田即告旱，这些都不利于作物生长。古代汉中人民除兴修引水灌溉工程外，还利用山谷冲沟筑坝蓄水成库，或者在洼地周围筑堤拦蓄流水成池，以灌溉稻田。

汉中地区西汉初已兴建了一些陂塘。《水经注》卷二十八《沔水》记载：“〔壻〕水北有七女池，池东有明月池，状如偃月，皆相通注，谓之张良渠，盖良所开也。”张良所开的池在今城固县城附近。又今汉中市附近分布有“王道池”、“小王道池”、“顺池”、“草池”、“月池”、“南江池”六大名池，相传由汉初丞相萧何所创，至今仍在发挥灌溉效益。

汉代汉中地区陂塘的兴盛，已为地下发掘的丰富实物资料所证实。1964年和1965年，汉中县先后从两座东汉早期砖室墓中，出土陂池及陂池稻田模型各一具，从形状看，陂池系人工修筑的小水库[7]。1978年，勉县在老道寺公社发掘了四座东汉墓，先后出土了七件陶水田、塘库、陂池模型[8]。上述汉中县和勉县出土的陂塘模型，形状有圆形和方形两种，皆是人工修筑而成的小水库。陂池稻田模型由蓄水池、挡水坝、放水闸门、放水孔、沟渠和稻田等部分组成。这反映当时陂塘的设施已经完整，能蓄能排，操作方便，已熟练地掌握了构筑陂塘的技术。

南阳地区也是一个平缓盆地，位于河南省西南部，东、北、西三面岗峦环绕，南部地势较低，中部为冲积洪积平原，土层较厚，水热条件较好。发源于伏牛山区的白河、唐河、湍河、刁河、淅水等从北而南纵贯盆地，从四周向中间辐辏，于湖北境内注入汉水，发达的唐白河水系和微倾的地形为兴修灌溉水利提供了有利的自然条件。

南阳盆地处于我国二级地形阶梯的东缘，是联结渭水流域和江淮流域，华北平原和江汉平原之间的天然通道。《史记·货殖列传》称“南阳西通武关、郧关，东南受汉、江、淮”，所以该地区开发很早。新石器时期已种植水稻，在淅县黄楝树屈家岭文化遗址的烧土块中发现有稻壳和稻秆。战国时期，南阳盆地有相当多的开发。《汉书·货殖列传》称：“秦伐魏，迁孔氏南阳，大鼓铸，规陂池。”已设置陂塘用于生产。汉代南阳经济又有很大程度的发展。西汉中期，南阳郡治宛（今南阳市），已与洛阳、长安、成都、临淄、邯郸齐名，并为全国六大都市，宛商遍天下，富冠海内，城市经济的繁荣得之于该地区农业经济的大力支持，并与陂塘水利



的迅速发展有关。两汉时期南阳陂塘水利的发达，在全国来说可称首屈一指。

主持兴修南阳灌溉工程最有成效的官吏，当为西汉时的召信臣和东汉时的杜诗。汉元帝建昭元年（公元前38～公元前34年），召信臣任南阳太守，大力修建陂塘堤堰。《汉书》卷八九《召信臣传》称召信臣创建了数十处陂堰，灌溉面积达三万顷，成绩相当可观。建武七年（公元31年），杜诗任南阳太守，不仅创造水排，铸农器，“又修治陂池，广拓土田，郡内比室殷足”。因此，当时人把杜诗与召信臣并列，谓：“前有召父，后有杜母”。[9]他们兴修的陂堰工程数十处，《水经注》中有所反映。

湍水上修筑有楚堨、六门陂、邓氏陂、安众港等。楚堨位于冠军县（今河南邓县西北）西北，“高下相承八重，周十里，方塘蓄水，泽润不穷”。六门陂位于穰县（今邓县），建昭五年（公元前34年）召信臣建，“断湍水，立穰西石堨。至元始五年（公元5年），更开三门为六石门，故号为六门堨也”，灌溉穰、新野、涅阳三县田5 000余顷。邓氏陂在新野县西。安众港是堨湍水支流涅水而为陂，因在安众县（今河南镇平县东南）而命名。以上见《水经注》卷二九《湍水》。

朝水（今刁河）上修筑有钳卢陂、樊氏陂等。钳卢陂又名玉池陂，后代称迪陂，张衡《南都赋》有记载。此陂除壅朝水外，还接受六门陂灌溉余水，共同组成一个大灌区。樊氏陂在穰县南朝水支流上，陂东西十里，南北五里。

淯水上（今白河）上有新野陂、豫章大陂。新野陂在新野县，陂东西9里，南北15里，“陂水所溉，咸为良沃”。豫章大陂在士林戍东，“下灌良畴三千许顷也”。

堵水（今唐河）上有堵水陂。建武三年（公元26年）朱祐封为堵阳侯，堵水为东、西两陂（以上见《水经注》卷三一《淯水》）。

比水（今泌阳河）流域修筑有马仁陂、湖阳陂等。马仁陂位于比水上游的支流上，“泉流竞凑，水积成湖，盖地百顷，谓之马仁陂。陂水历其县（比阳）下，西南揭之，以溉田畴”。湖阳县（今河南唐河县湖阳镇）有若干陂。东汉初樊重居湖阳，“能治田，殖至三百顷，广起庐舍，高楼连阁，波陂灌注”。以大湖为大，县因以得名。湖水西南流，与湖阳诸陂散水合，称为板桥水，又西南与醴渠水合，又有赵渠注之，二渠上承派水。比水支流南长水的上流有唐子、襄乡诸陂（以上见《水经注》卷二九《比水》）。

这些陂塘规模颇大，型式多样，既有拦截河流成陂的，也有利用洼地围成塘池的，还有在山谷做堤坝成水库的。许多陂塘往往互相串联，形成“陂渠灌注”，类似长藤结瓜式的水利型式，这种水利型式是我国古代人民的一大创造。见下页图2－2－1－1。

两汉时期南阳陂塘水利的广泛兴修，促使南阳地区的经济有了长足的发展。东汉张衡在《南都赋》中描述了南阳一带灌溉农业的盛况。赋文云：“于显乐都，既丽县康；陪京之南，居汉之阳。……于其陂泽，则有钳卢玉池、赭阳东陂，贮水渟洿，亘望无涯。……其水则开窦洒流，浸彼稻田，沟浍脉连，堤塍相�，朝云不兴，而横潦浊臻。决渫则暵，为溉为陆，冬稌夏穱，随时代塾。”“稌”是稻，“穱”是雀麦[10]。南阳由于陂塘的发达，水稻种植很是普遍，“开窦洒流，浸彼稻



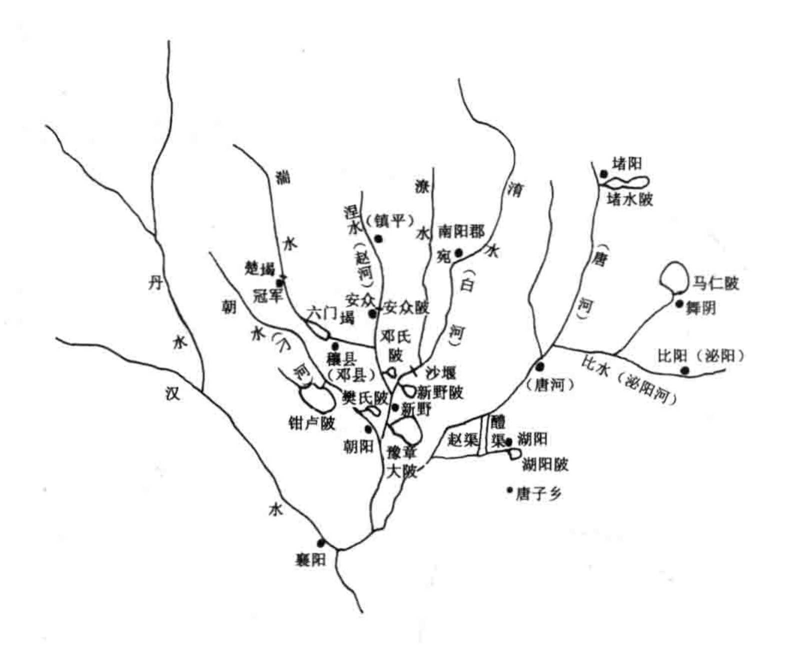


图 2－2－1－1　汉代南阳陂塘分布示意图

田”，形成稻作旱作都获丰收的景象。

汝南地区处于伏牛山东侧，淮河及其支流汝河一带，土地肥沃。汉代在此设汝南郡（相当于今河南省驻马店地区大部和安徽省阜阳地区西部）。该处地势自西北向东南微微倾斜，是从丘陵过渡到平原的地貌，地面有一定的起伏，利于兴修陂塘自流灌溉。

两汉时期，汝南郡的广大土地上散布着众多的陂塘。《汉书·地理志》载，汝南郡有富波（陂）县（今安徽阜南县东南）。设置富波县的原因，晋代阚骃《十三州志》称：“多陂塘以溉稻，故曰富陂县也。”[11]西汉时汝南郡的最大陂塘鸿隙陂（又称鸿郄陂、鸿郤陂等）已经建成。鸿隙陂的兴建年代，史无明确记载，大约建于元封二年（公元前 109 年）堵黄河瓠子决口之后。《史记·河渠书》说：“自是之后，用事者争言水利……汝南、九江引淮。”明确指出汝南郡兴修了不少水利工程，鸿隙陂很可能即在此时建成。陂所在地，据《水经注》卷三〇《淮水》记载，在新息县（今河南息县）西北，淮水、慎水（今闾河）之间[12]，其水源“首受淮川”，下游与淮水支流慎水相通。灌溉效益很大，“郡以为饶”。到汉成帝时（公元前 32～公元前 7 年）“关东数水，陂溢为害”。由于这一时期处于多水期，陂堤常被洪水漫溢损坏，水灾成为主要矛盾。当时的丞相翟方进视察后，“以为决去陂水，其地肥美，省堤防费而无水忧，遂奏罢之”。但陂废后，缺少灌溉，稻田只得改为旱田，种植大豆和芋头，百姓“多致饥困”。王莽时期，天气又进入干旱期，“常枯旱”，民众追怨翟方进，有童谣谓：“坏陂谁？翟子威（翟方进字子威）。饭我豆食羹芋魁。反乎覆，陂当复。谁云者？两黄鹄。”[13]表达了百姓要求恢复鸿隙陂的强烈愿望。

东汉建武中邓晨任汝南太守[14]。深知鸿隙陂作用的巨大，决定将陂修复。他委派通晓水工技术的平舆县（今河南平舆县北）人许杨，为汝南郡的都水掾，主持修复工作。许杨“因高下形势，起塘四百余里，数年乃立”，工程规模很大。由



此，“百姓得其便，累岁大稔”[15]，“汝土以殷，鱼稻之饶，流衍它郡”[16]。

之后，汝南郡仍一直重视兴修陂塘。如《后汉书》卷二九《鲍昱传》称：东汉明帝永平五年（公元62年）后，鲍昱任汝南太守，“郡多陂池，岁岁决坏，年费常三千余万”，岁修费用甚多，鲍昱改“作方梁石洫”，灌溉效果很好。又《后汉书·何敞传》载：和帝永元二年（公元90年）何敞为汝南太守，“修理鲖阳旧渠，百姓赖其利”。鲖阳，治今安徽临泉县西鲖城。《水经注·汝水》称：“葛陂东出为鲖水，俗谓之三丈陂……水迳鲖阳县故城南。”鲖阳旧渠大约是联结葛陂的鲖水。水利条件改善后，促进了农田的进一步垦殖，“垦田增三万余顷”，农业生产有了很大发展。

两汉时汝南在修建陂塘工程中不断改进技术。《水经注》中记载的汝南陂塘共有三十多个，这些陂塘应主要兴修于两汉时期，陂塘的特点也是呈陂渠串联型式。

（三）庐江、广陵等地区陂塘的修筑

江淮地区的陂塘创建于春秋时期，东汉时又有较多的发展。一些陂塘的规模颇大，并因地制宜布置。

汉章帝建初八年（公元83年），王景任庐江郡太守，他努力发展农业生产，“郡界有楚相孙叔敖所起芍陂稻田，景乃驱率吏民，修起芜废”。芍陂从西汉末以来长期不修，已经荒废，王景大力修治，恢复灌溉之利，“由是垦辟倍多，境内丰给”[17]。

淮河下游的蒲阳陂规模也大。《后汉书》卷四四《张禹传》载：汉章帝元和三年（公元86年）张禹任下邳（治所在今江苏睢宁西北）相，“徐县北界有蒲阳陂，旁多良田，而堙废莫修。禹为开水门，通引灌溉，遂成熟田数百顷”。邻郡贫民也被吸引过来，归者千余户，“后岁至垦千余顷，民用温给”。徐县治今江苏省泗洪县城南大徐台。蒲阳陂在徐县北界，可能是利用洼地围成的蓄水工程。据《东观汉记》载：“坡（陂）水广二十里，径且百里，在道西，其东有田可万顷。”灌溉的效益颇大，“得谷百万余斛”。

广陵在长江下游北岸，是因“地多陵阜，故名广陵”[18]。分布有淮扬蜀岗，是江淮丘陵的延伸部分。地势由西北向东南倾斜，逶迤起伏，冈地与长江间为沿江冲积平原。古人利用沟谷筑塘蓄水自流灌溉河谷平原。《后汉书》卷二四《马援附马棱传》记载：东汉章和元年（公元87年），马棱任广陵郡（治今江苏扬州市西北蜀冈上）太守，为扭转“谷贵民饥”的局面，“兴复陂湖，溉田二万余顷，吏民刻石颂之”。此时创建了不少陂湖，但兴修了什么陂湖，无具体记载。到建安四年（公元199年），陈登任广陵郡太守，又广为修筑陂塘，“尽凿溉之利，杭稻丰积”[19]。所修陂塘最有名的为陈公塘，又名爱敬陂。该塘位于今仪征县东北20里的官塘集，塘周90余里，汇受36汊山涧水，塘的东西北三面依山，只在东南面筑堤障，成为山谷水库。其巨大的库容对山涧水进行潴蓄和调节，既解除了山洪危害，又灌溉塘下1 000余顷农田。到唐代时经改建，陈公塘功用扩大，成为淮扬运河的水柜，起接济运河水的功用（详见第三篇第三章）。陈公塘一直运行到明代后期才堙废，历时1 350多年。

（四）江南地区大型陂湖的创建

东汉时期，江南地区丘陵、高亢平原有较多的开发，因此陂塘水利得到兴建，



出现了如绍兴鉴湖、余杭南湖等著名的陂湖工程。

鉴湖，又名镜湖、长湖等，位于今浙江绍兴会稽山北麓，是长江以南古代最大的陂塘蓄水工程。东汉永和五年（公元140年），由会稽太守马臻主持创建。鉴湖呈狭长形，南界是稽北丘陵的山麓线，北界是人工堤岸，长127里，湖周总长358里。拦蓄会稽山北面36源之水，形成一个巨大的人工蓄水库，基本解除了绍兴平原地区的洪水威胁，灌溉农田9 000余顷。由于充分利用了“山—原—海”台阶式的自然地形，灌排很是方便。

南湖位于浙江旧余杭县城的南侧。由于南苕溪自天目山乘高而下，县地首当其冲，洪潦灾害严重。东汉熹平二年（公元173年），由县令陈浑主持，利用县南凤凰山麓的谷地，修筑弧形长堤一道，拦蓄南苕溪之水成湖。于是减轻了余杭及其下游杭州、德清广大地区的洪潦灾害，并“灌溉县境公私田一千余顷”[20]。

此外，在浙江余姚县一带，汉代也修有陂塘，《晋书》卷七八《孔愉传》有记载。因该地近海，淡水缺乏，故当地利用地形起伏处筑堤成陂，蓄水灌溉。

（五）西南地区小型陂塘的发展

我国西南地区多山地丘陵，地形崎岖破碎，支冲沟谷众多，灌溉工程适于兴修小型陂塘水利。东汉时西南地区逐渐开发，为水稻生产服务的陂池多有兴作。新中国成立以后在四川、云南、贵州、广东等地出土了不少汉代陂池水田模型[21]，基本都属于东汉时期，这为我们研究陂池工程技术提供了实物资料。

四川出土的陂池水田模型集中分布在川西地区，如成都、新津、彭山、峨眉、简阳、绵阳等地。其他在四川南部地区，如西昌、宜宾、合江、武隆等地也有出土。峨眉县出土的一件东汉水塘水田石刻模型[22]，上部为水塘，塘边岸上有缺口，可将塘水引入田中，再通过田边另一缺口流入另一块田中。其他的模型也皆有从池塘通向水田的灌溉系统。

云南滇池地区，战国时期已有开发。当时楚国的将军庄蹻率兵入滇，因秦切断了归路，遂在滇称王。之后，汉武帝在云南设置郡县。王莽时期，广汉人文齐为益州郡（治所在滇池县，今云南晋宁东北晋城镇）太守。《后汉书》卷八六《西南夷滇国传》称：文齐“造起陂池，开通溉灌，垦田二千余顷”。又《华阳国志·南中志》记载：有梓潼文齐，东汉建武后在朱提（犍为属国治所，今云南昭通）“穿龙池，溉稻田，为民兴利”。文齐是四川人，他在云南几处地方主持修建陂池，说明内地的水利技术已传播到云南了，对当时云南经济的发展起了积极的作用。东汉时云南修建陂池也为出土文物所证实。1975年，在云南呈贡县小松山发现的一座东汉墓中，出土了一件陂池水田模型，形状呈长方形，一道坝将其分为两半，一半为陂池，一半为水田，田中央有一条渠，渠与陂池相通，渠两边为水田，每边六块田。1978年，在同地的另一座东汉墓中，又出土了一件圆盘形的陂池水田模型。亦有坝将其分为两半，一半为陂池，另一半为水田，埂把田分为四块，坝中有一涵洞，使陂池与田相通。此外，在呈贡县七步场、嵩明县梨花树、大理市大展团以及通海县镇海皆出土有东汉陶制水田模型[23]，说明云南滇池地区和大理地区开发最早，东汉时小型陂塘工程已较为普遍。

贵州的兴义、广东佛山和韶关等地也出土有陶水塘稻田模型。



由此可知，汉代我国西南地区与中原有着密切的联系，小型陂塘水利技术与汉中、四川等内地已基本一致。

三、魏晋南北朝陂塘工程的建设

（一）魏晋南北朝社会与陂塘工程

魏晋南北朝时期，除西晋时全国有短暂的统一外，其余时期皆处于南北对峙的状态。为配合军事屯田，以及发展农业生产增强实力的需要，在两淮和江南地区大修陂塘，因此，这一时期陂塘建设与屯田关系密切。如两淮地区是南北争夺之地，为加强边防的经济力量和就地供应军粮，曹魏在两淮进行了大规模的屯田活动，以发展水稻生产，由此促进了以陂塘为主的水利建设的发展。这时孙吴也组织民众在今无锡以西至宁镇一带进行屯田，兴修了许多塘堰工程。屯田能统一调度人力，兴修陂塘的速度快，数量多，有可能兴修大型工程，陂渠串联工程亦得以在大范围内建设。

在南北争夺的两淮地区，由于受军事行动进退的影响，造成陂塘工程时兴时废。如芍陂就经历过多次废兴的过程，在兴复过程中，曾努力解决引水水源等技术问题。

长江以南地区，受战争的影响较少，政治局势相对安定，惨遭战争之祸的中原人民扶老携幼，纷纷越淮渡江南徙，以东汉末、西晋末南迁人数最多。如建安十八年（公元213年）自庐江、九江、蕲春、广陵一次渡江的民户，即达十万余户[24]。据统计，自西晋末“永嘉之乱”到刘宋时，南方约有侨户90多万，占当时政府领民的六分之一。其中侨寓今江苏者有26万人，集中分布在从建康（今南京市）到京口（今镇江市）一带，特在京口设立侨郡“南徐州”来统一管理，南徐州一州就领有侨寓人口22万多人，超过旧有人口数（20万）两万多[25]。劳动力的增多，为开展水利建设创造了条件。由于宁镇一带多丘陵高地，适于修建陂塘工程，因此陂塘工程发展迅速，工程技术也有相应的提高。

（二）两淮地区的陂塘建设

三国时期以曹魏在两淮地区屯田的规模最大，当时为发展水稻生产，兴修了众多的陂塘。其屯田从建安元年（公元196年）开始，到咸熙元年（公元264年）罢屯田制止，长达近70年时间。

建安初，因大旱，建武将军夏侯惇“断太寿水作陂……率将士劝种稻”[26]。太寿水在襄邑县（今河南睢县）附近，是睢水的支流。夏侯惇修陂塘蓄水，溉田更有保证。之后又有刘馥、贾逵、邓艾等人在江淮地区屯田，规模更大，修筑陂塘更多。

建安五年（公元200年），曹操以刘馥为扬州刺史，镇合肥。据《三国志·魏书·刘馥传》记载，他在经营屯田的七八年内，先后“兴治芍陂及茹陂、七门、吴塘诸堨，以溉稻田，官民有蓄”。对大型蓄水工程芍陂进行了修治。茹陂，据《元和郡县志》卷二九记载，在今河南固始县东南48里。七门堰在今安徽舒城县西南七门山下。《太平寰宇记》卷一二六庐江县下载：“七门堰在县西一百一十里，刘馥为扬州刺史修筑，断龙舒水灌田千五百顷。”据光绪《舒城县志·沟渠志》载，七门堰相传是西汉初羹颉侯刘信创筑，至刘馥重修，明清时下连乌羊堰、千功



堰、槽牍堰三个堰，共灌田二万余顷，灌区内陂、塘、沟有200余所，形成一个自流灌溉网。吴塘，又名吴塘陂、吴陂堰，位于安徽潜山县西20里，拦蓄潜水，灌溉稻田。刘馥在建安十三年卒，之后，曹操“遣朱光为庐江太守，屯皖（今安徽潜山县），大开稻田”[27]。因为皖地有吴塘等灌溉之利，土地肥美，建安十九年东吴孙权亲征皖，夺取之，也在这一带屯田。西晋咸宁四年（公元278年），晋人攻破皖城，“焚其积谷百八十余万斛，稻苗四千余顷”[28]。这些屯田皆利用过吴塘工程[29]，可见吴塘工程规模不小。

贾逵在延康元年（公元220年）七月任为豫州刺史，因州南与东吴相接，贾逵努力经营，“外修军旅，内治民事，遏鄢、汝，造新陂，又断山治长溪水，造小弋阳陂，又能运渠二百余里，所谓贾侯渠者也”[30]。新陂是遏鄢、汝之水新造的陂，当在汝水流域，可能在郾城（今河南郾县东北）境的汝水上。小弋阳陂，所在地不清楚。贾侯渠大约是沟通洧水和渠水的运渠。

曹魏时期的两淮屯田水利，至邓艾时达到高峰。曹魏为兼并东吴，解决军粮供应问题，于正始二年（公元241年）采纳邓艾计划，并委派他在淮河流域主持大规模的屯田水利建设。屯田兵五万人，其中淮北二万人，淮南三万人。在淮南，“遂北临淮水，自钟离（今安徽凤阳县东北）而南，横石以西，尽沘水（今淠河）四百余里，五里置一营，营六十人，且佃且守”。自今凤阳、定远以西至寿县一带大修陂塘进行屯田。在淮北，“兼修广淮阳，百尺二渠，上引河流，下通淮、颍，大治诸陂于颍南、颍北，穿渠三百余里，溉田二万顷，淮南、淮北皆相连接”。屯田水利收效甚大，“自寿春（今安徽寿县）到京师（今洛阳），农官兵田，鸡犬之声，阡陌相属，每东南有事，大军出征，汎舟而下，达于江淮，资食有储，而无水害，艾所建也”[31]。

邓艾所建的水利工程，文献记载都很简略，据资料分析，其在淮南主要修治芍陂。《读史方舆纪要》卷二一寿州下称“邓艾重修此陂（芍陂），堰山谷之水，旁为小陂五十余所，沿淮诸镇，并仰给于此”。造就了芍陂工程体系的卫星塘格局，并于塘北堤建大香水门，开渠引芍陂水达寿县城壕，汇肥水入淮河，扩大了灌溉面积，沟通了漕运。在淮北，除开广淮阳、百尺渠外，还开有广漕渠。《晋书》卷一《宣帝纪》载：正始三年三月，“奏穿广漕渠，引河入汴，溉东南诸陂，始大佃于淮北”。广漕渠是连接黄河与颍水的运渠，亦可补充颍水左右陂塘水源。据《水经注》卷二二《渠》记载，其上游大约利用汳渠（即汴渠），下游为疏浚沙水而成。沙水在陈县（今淮阳县）西北，“又南与广漕渠合，上承庞官陂，云邓艾所开也”。淮阳渠，大约是修浚流经淮阳东北部的沙水而形成的人工渠道。百尺渠，《水经注》卷二二《渠》称为百尺沟，“沙水又东而南屈径陈城东，谓之百尺沟”。即经陈城东而南流的沙水为百尺沟。这样通过开挖疏通广漕渠、淮阳渠、百尺渠，可“上引河流，下通淮颍”，以运河作为主干渠道，与颍水南北的诸陂塘相联结，构成陂渠灌溉系统。

后代方志中有反映邓艾在淮颍一带屯田的情况，但具体修了些什么陂塘不甚清楚。《水经注》较详细地记述了淮颍地区陂塘的分布情况，列有陂塘数十处，其时间虽然后出200多年，但多少应是曹魏屯田水利的陈迹，或是经过修治利用的水利



工程，这些工程不少呈现陂渠串联的形式，而且采取流域之间的调水方式，体现了水利工程技术的进步（详见本章第三节）。

此外，邓艾在淮河下游南岸的盱眙、宝应一带，也兴修有陂塘灌溉工程。《太平寰宇记》卷一二四宝应县下载："白水陂在县西八十五里，邓艾所立，与盱眙县破釜塘相连，开八水门，立屯溉田万二千顷。"[32]开创了白水陂灌区，灌区范围大致分布于今盱眙、金湖、宝应、洪泽之间，范围广大，可与芍陂灌区相媲美。

西晋时期，由于淮河流域水灾频繁，"陂堨岁决"，曾接受杜预的建议，废除了一些修筑质量不好的陂塘，所以这一时期建树不多。东晋南朝时期江淮是南北争夺之地，水利工程常遭破坏，但每当有大的军事行动时，为了避免长途运输军粮，往往在江淮地区屯田，兴修水利，对以往的陂塘进行修治，重点修治的仍为芍陂和白水陂，在修治中解决一些技术难点。

总的说，三国两晋南北朝时期，江淮之间的塘堰水利有较多发展。清人顾祖禹《读史方舆纪要·江南一》有归纳性的论述："古人多于川泽之地立塘堰以遏水溉田。在（三国吴）孙氏时尽罢县邑，治以屯田都尉。魏自刘馥、邓艾之后大田淮南，迄南北朝增饰弥广。今舒州有吴陂堰（在今潜山县），庐江有七门堰（在今舒城县），巢县有东兴塘，滁、和州、六合间有涂塘、瓦梁堰，天长有石梁堰，高邮有白马塘，扬州有邵伯埭、裘塘屯，楚州有石鳖塘（在今宝应县）、射陂、洪泽陂，淮阴有白水屯，盱眙有破釜塘，安丰有芍陂，固始有茹陂，是皆古人屯田遏水之迹，其余不可胜纪。"众多陂塘的兴建，促进了工程技术的提高。

（三）江南地区的陂塘建设

长江以南的江南地区，既有平坦的湖荡平原，又有绵延的丘陵山地。湖荡平原地势低洼，治水是其主要的任务。但六朝时期重点是开发丘陵和高亢平原地区。开发丘陵地区需要修筑陂塘堰坝工程，以拦蓄雨洪和径流，备农田灌溉之用。六朝时期，塘堰工程在宁镇丘陵地区有较多的发展。

宁、镇地区广泛分布着低山丘陵和岗地。六朝时期为丹阳郡（治建业县，今江苏南京市）、晋陵郡（西晋治丹徒县，东晋大兴初移治京口，义熙九年又移治晋陵县，今常州市）属地，也是当时的京畿之地。为了解决都城军民的粮食供应，一方面开凿人工运渠，从太湖流域漕运粮食，另一方面重视发展该地区的农业生产，兴修陂塘灌溉工程。

三国孙吴时曾组织大规模的屯田进行开发，今无锡以西至宁、镇一带是屯田的重点地区。孙吴立国后分吴郡无锡以西为屯田区，省郡县，置毗陵典农校尉（治今常州市），调集民众，甚至掠夺江南深山中的"山越"人进行屯田。仅赤乌中（公元238~251年）"诸郡出部伍，新都都尉陈表，吴郡都尉顾承，各率所领人，会佃毗陵，男女各数万口"[33]。宁、镇一带还设有于湖督农校尉、江乘典农校尉、湖熟典农校尉、溧阳屯田都尉等民屯，开垦了不少农田。晋代左思《吴都赋》描写吴时屯田情况为："屯营栉比，廨署棋布"，"畛辍无数，膏腴兼倍"，兴修了不少塘堰工程。南齐建元三年（公元481年），萧子良曾指出京尹一带，"旧遏古塘，非唯一所"。当时查得丹阳（治今安徽当涂东北小丹阳）、溧阳（治今高淳县固城镇）、永世（治今溧阳县古县桥）等四县有荒熟田8 554顷，修治塘遏要用11.8万



人工[34]，可见小型塘堨相当多。“旧遏古塘”实开创于三国孙吴时期。

孙吴时以赤乌二年（公元239年）在句容县修建的赤山塘（亦称赤山湖）规模最大。该塘位于句容县西南30里，以附近有赤山而命名。赤山塘利用山间洼地，仅在西北筑堤数里而成，初建时湖周达120里[35]，蓄水量甚大，对句容南半部山丘区和湖熟一带农田的防洪和灌溉发挥了很大作用。故而东晋时句容、湖熟成为屯积粮食之地。后代多次修治赤山湖工程。

两晋、南朝时期继续在宁、镇一带修筑塘堰。西晋末陈敏据江东（公元304～307年），在丹阳筑有练湖。《元和郡县志》卷二五载：“练湖在县北百二十步，周回四十里，晋时陈敏为乱，据有江东，务修耕绩，令弟谐遏马林溪，以溉云阳，亦谓之练塘，溉田数百顷。”练湖是利用洼地四周筑堤，拦蓄山溪水，成为周回40里的大湖，除灌溉农田外，还使丹阳、金坛、延陵一带八九千顷农田解除洪水之患。[36]

其后东晋大兴四年（公元321年），晋陵（治今镇江市）内史张闿在今丹阳新丰镇附近修筑新丰塘。《晋书》卷七六《张闿传》记载：“时所部四县并以旱失田，闿乃立曲阿新丰塘，溉田八百余顷，每岁丰稔”。当时筑塘共用21 1420工，可见此塘规模之大。丹阳大部为高亢平原，缺水灌溉。练湖和新丰塘的建成，改变了“旧晋陵地广人稀，且少陂渠，田多恶秽”[36]的面貌，促进了农业生产的发展。

南朝时在金坛县也修建了许多陂堰。据至顺《镇江志》记载，当时较著名的工程有单塘、谢塘、吴塘（周长30里）、莞塘等，这些陂塘使用时间较长，后代多有维修记载。

由于南朝时晋陵郡塘堰灌溉的发展，农业生产抗灾能力增强，农业产量有较大提高。《宋书》卷九一《徐耕传》记载：元嘉二十一年（公元444年）江南大旱，民饥，晋陵郡“承陂之家，处处而足，并皆保熟，所失盖微。陈积之谷，皆在巨万”。可见有陂塘之处，能有效地抗御大旱之灾。《陈书》卷二一《孔奂》传也说，“晋陵自宋、齐以来，旧为大郡，虽经寇扰，犹为全实”。反映当时晋陵地区经过兴修陂塘灌溉水利，农业经济已打下坚实的基础。

此外，六朝时期在浙东地区也兴修有较多的湖塘工程。东汉马臻主持兴建的绍兴鉴湖，在六朝时期通过开挖新河，增建斗门，增修湖堤，灌溉效益更加扩大。其时会稽郡的富裕程度甚至胜过了关中地区。今宁波市一带也有较多的开发。西晋时鄮县（今宁波市东）之西有大湖，已利用湖水溉田，“火耕水种”[37]，种植水稻。东晋咸康时（公元335～342年）孔愉任会稽内史，修复句章县（治今余姚县东南）汉代旧陂，溉田200余顷。[38]六朝后期，宁绍平原的开发程度已较高，农田多利用陂湖水利。

这一时期水利技术的进步主要体现在陂塘技术方面，本地区创建了一些较大型的陂塘，继东汉时建绍兴鉴湖、余杭南湖、扬州陈公塘后，三国孙吴时又兴建了句容赤山湖，两晋时修建了丹阳练湖和新丰塘。这些塘址选择合理，利用山谷及洼地修建，节省了工程量，陂塘建筑物设置完备，说明东汉至六朝时期江南陂塘的工程技术已达到较高的水平。同时，小型塘坝已较为普及，修筑堰坝的技术已经熟练。



第二节　大型蓄水陂塘工程的技术成就

我国大型蓄水陂塘工程兴建甚早，春秋中期在淮南已建成陂周224里的大型蓄水陂塘芍陂，之后，东汉时又建成绍兴鉴湖，湖周358里。陂湖水利工程在南方最为普遍，芍陂和鉴湖是古代南方陂湖水利工程的楷模，其取得的技术成就至今令人景仰。

一、最早的大型蓄水灌溉工程——芍陂

芍陂，又名庐江陂、期思陂、龙泉陂、安丰塘等①。位于今寿县城以南30公里处。始建于春秋中期的楚庄王时期，约公元前600年左右由楚令尹孙叔敖主持建成[39]。目前的安丰塘，是古芍陂淤缩后的遗迹，陂周25公里，水面34平方公里。

芍陂以其历史悠久，规模巨大而闻名于世。芍陂的古老在我国塘堰水利史上首屈一指，而且比都江堰、郑国渠还早350年左右。芍陂“陂径百里，灌田万顷”[40]。其巨大的灌溉效益，促使春秋时楚国的淮南地区经济迅速发展起来，寿春城市也因芍陂灌区的经济发展和交通便利而兴盛起来。之后，芍陂在屯田济军、发展地区经济等方面，一直发挥着重大的作用。两千六百年来，芍陂虽历经沧桑，几度兴衰，但至今仍造福于世。

芍陂这一古老而巨大的陂塘蓄水工程，在技术成就方面也为人称道。

第一，能巧妙地利用自然地形条件布置陂塘。

孙叔敖选择芍陂的塘址时，应是经过一番认真查勘的。塘址以南是岗丘连绵的江淮分水岭，大别山从鄂豫皖交界处入安徽省境，自西向东分布有都岗岭、天柱山、潜山（沘山）、龙穴山，一直延伸到合肥一带形成淮南丘陵。塘址以北至淮河南岸是一片平原。丘陵北坡径流由南向北注入淮河。芍陂塘址坐落在龙穴山北麓，西边是发源于沘山的沘水（即今淠河），由南而北流入淮河；东边是发源于良余山（连枷山）的肥水（即今东肥河），亦自南而北注入淮河。沘水和肥水之间有沟涧溪流构成一积水凹地，凹地东边有一高岗与肥水相隔，芍陂初建时即利用这片凹地，及南高北低的地形，在西部、北部筑弧形长堤，东面利用高岗为天然堤，蓄水成塘。灌溉水源则利用老的河沟并适当加修，排水沟道也利用天然河沟，这样施工比较方便，并大大地节省了工程量。

由于利用天然凹地作库区，再加以筑堤，库容量增大，能蓄积大量的来水，调节径流作用巨大。因芍陂地区降水量虽然较多，年平均降水量达900毫米以上，但降水在时间分布上很不均匀，年内和年际间变化幅度大，不能适应作物生长的需

---

① 芍陂之名，首见《汉书·地理志》。它的得名是因淠水入陂，水经白芍亭东，故名为芍陂。《水经注·肥水》谓：肥水“又东北径白芍亭东，积而为湖，谓之芍陂”。庐江陂，《史记·循吏孙叔敖列传》引《集解》谓：“《皇览》曰：……民传孙叔敖曰，葬我庐江陂”。期思陂，有人认为是三国曹魏邓艾修芍陂后命名。唐代马聪《意林》称“孙叔敖作期思陂，而荆土用赡”（《四部备要》末尾附《意林·逸文》）。杜佑《通典》卷一八一《州郡·安丰》下也指期思陂即芍陂。龙泉陂，晋代伏滔《正淮论》“龙泉之陂，良畴万顷”，是因芍陂所引水源之一为龙穴（泉）山水而命名。安丰塘，《旧唐书·地理志》在寿州安丰县下记载：“（安丰）县界有芍陂，灌田万顷，号安丰塘。”隋唐时安丰县在今寿县西南60里，芍陂在安丰县南，地属安丰，故名。

要。而且丘陵地带河流水位暴涨暴落，水源水量很不稳定，通过库容进行调节，能解除洪涝灾害，并均衡地为平原地区的农田灌溉提供水源。芍陂工程类型的确定和其选址，是顺因地形，利用地形的杰作。

第二，引入较充足的水源。

芍陂之名以及水源始见于《汉书·地理志》，《后汉书·王景传》首次记载了修治芍陂的情况，但很简略，无工程情况记载，北魏《水经注》才对其源流、规模、工程设施等作了比较详细的记载，这可代表芍陂早期工程的面貌。据《汉书·地理志》、《水经注》“肥水”、“沘水”等篇记述，芍陂的水源主要有三条：

一条是西南的沘水。沘水今名淠河，是淮河南岸重要的支流之一，发源于大别山北麓，全长253公里，流域面积6 000平方公里。沘水是芍陂的主要水源。《汉书·地理志》庐江郡灊县下载：“沘水，沘水所出，北至寿春入芍陂。”又六安国六县下载：“如溪水首受沘，东北至寿春入芍陂”。如溪水是从沘水分出的，应是宋代所称的子午渠[41]（今淠源河）。此水大致自六安城北15公里鲍兴集以上引淠河水，经木厂铺至两河口，汇涧水北流，直达贤姑墩，流入芍陂。因如溪水中段地势高，上、下两段地势低，水流不畅，泥沙易淤积，所以历史上多次修浚。淠河水主要通过如溪水入芍陂。

另一条是中间的涧水。涧水发源于淮南丘陵的龙穴山，故又名龙穴山水。由南而北，山溪水归总于大桥畈，北流经朱灰镇，至五门亭东汇如溪水，此汇流处称为两河口，汇流后再北入芍陂。涧水从源头至两河口亦名为山源河，全长36公里，集水面积390平方公里。《水经注·肥水》载：“（芍）陂水上承涧水于五门亭南，别为断神水，又东北径五门亭东，亭为二水之会也。断神水又东北径神迹亭东，又北，谓之豪水，虽广异名，事实一水，又东北径白芍亭东，积而为湖，谓之芍陂。”涧水是直接注入芍陂的，其水量小于沘水。

再一条是东面的肥水。肥水即今东肥河，发源于江淮分水岭北麓，北流入淮河，全长152公里[42]。肥水为安丰塘水源始见《水经·肥水》。原文记载：“肥水出九江成德县（今安徽寿县东南）广阳乡西，北过其县西，北入芍陂。”对于《水经》的这一记载，郦道元在注中解释说：“肥水自荻丘北，径成德县故城西，王莽更之曰平阿也，又北径芍陂东，又北径死虎塘东。芍陂渎上承井门，与芍陂更相通注，故经言入芍陂矣。”就是说肥水是通过芍陂渎“与芍陂更相通注”的，不是直接“北入芍陂”。因芍陂与肥水之间，隔着一道南北向岗岭，岗岭的脊线高程达50米左右，大大高于肥水和芍陂水位。所以只有在肥水大时由芍陂渎入陂，或陂水多时由渎泄入肥水。肥水对芍陂有调节水量的作用。

由于淠河源远流长，水量丰沛，通过如溪水（子午渠，今淠源河）进入芍陂，再加上涧水及部分肥水入陂，因此芍陂水量有保障，能长期保持“径百里”的规模。见下页图2－2－2－1。

第三，工程设施完备。

芍陂由塘堤、口门、引水渠和排水沟等工程设施组成，可潴蓄水、调节水和引排水，由此构成一个较为完整的工程体系。

塘堤是芍陂的主体工程，其巨大的蓄水量完全依靠塘堤来拦蓄。芍陂早期利用



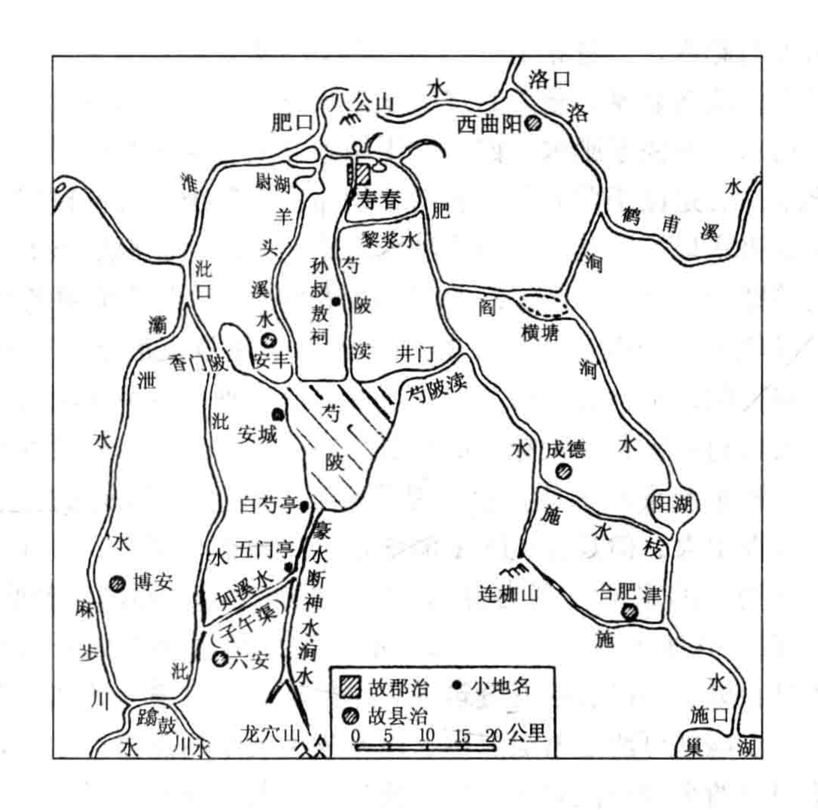


图 2-2-2-1 芍陂及其附近水系示意图

南高北低的地形，沿西、北两面筑堤，南面和东面因地势高，未筑堤（现安丰塘范围缩小，四面筑堤，塘堤周长 25 公里）。但塘堤长度史籍无载，仅有塘周长和塘径的记载。《水经注·肥水》称："陂周百二十许里。"《后汉书·王景传》唐·李贤注谓："陂径百里。"唐宋时史料记载皆为"陂径百里"，而周长有 324 里、224 里等的差别①。因古今地形无大的变化，可按现地形考察，芍陂东阻高岗，北限塘堤，北堤位置在安丰县故城址（安丰铺）和东汉堰坝遗址处（老庙集），长十余里，西堤从南到北修筑，最西不能越安城，南起众兴镇附近的贤姑墩，故陂形呈长葫芦状。如此算来，古代称径百里则是指陂的南北长度，故陂周 224 里最符合实际。《水经注·肥水》所称陂周 120 里，大约"周"是"径"之误，也或许是指所筑陂堤的长度，应以陂堤长度为是。

塘堤用土筑成。芍陂建成后，历秦至西汉未见有修筑记载，估计其堤筑得坚厚。直至东汉初，芍陂堤坝才出现废圮现象。建初八年（公元 83 年）王景大修后，重又发挥效益。以后维修芍陂也主要着重在增高培厚陂堤。

口门，是进水、分水、引水、泄水的建筑物。《水经注·肥水》称："（芍）陂有五门，吐纳川流。"记有这五座口门分布于芍陂四周的情况。一是五门亭南的进水口，如溪水和涧水相汇后通过此门入陂。估计在此进水口设有泄洪设施，多余的水量可泄入沘水。因为如无工程控制蓄泄，则不需要设置口门。二是位于东北角的

---

① 《通典》卷《州郡·寿春郡》称："陂径百里。"《元和郡县补志》卷六《寿州安丰县》：芍陂"周三百二十四里"，"陂径百里"。又光绪《寿州志·水利志》引《元和郡县志》为"芍陂周二百二十四里"；引《华夷对境图》：芍陂"周回二百二十四里"。《资治通鉴》卷七四《魏纪》载正始二年"决芍陂"，胡三省在下注引《华夷对境图》称："芍陂周回三百二十四里。"



井门，沟通芍陂与肥水，“更相通注”。三是位于塘北孙叔敖祠下的芍陂渎口门，泄陂水入芍陂渎，渎向北流，分为二水，东去一支为黎浆水入肥水，北去一支经寿春城，供寿春用水，再注于肥水。四是位于塘西北的羊头溪水口门，泄陂水入羊头溪，北注于肥水。五是位于西北角的香门，积而为香门陂。五座口门中，五门亭口门是芍陂的主要进水口门，其余四门为灌溉口门，井门还兼有泄洪的功能。

早期口门的结构，没有留下记载。然而1959年5月在安丰塘老庙泄水闸施工中发掘出一座汉代堰坝工程遗址[43]。堰坝工程，是用草土混合的散草法筑成，在生土层上以砂礓石填筑基础后，层草层土逐层叠筑至顶。在草土混合层中，还有一排排整齐有序的栗树木桩，桩尖穿过礓石层深入生土层内。木桩可保证堰坝的整体稳定性。层草为顺水流方向散放，厚度基本相同。层土的泥质非常纯净，毫不含沙，灰黑色，黏性很大，似是经过人工淘洗过的，非常坚实。

坝下有用以消能的水潭（消力池），以圆木铺底，两侧用木桩密排做成挡土墙，尾部设置有高40厘米的木质消力槛。水潭前方50多米处设一道叠梁木坝，系用大型栗树木材斜纵、斜横层层错叠筑成。木坝下也设有消力的池、槛。

据分析，这座堰坝可能是蓄泄兼顾、以蓄为主的水利工程。水少时，可以通过堰坝的草层使很少的水徐徐流到水潭内，使之有节制地流到田间；水多时，可以凭借草土混合坝的弹性和木桩的阻力，使水越过堰坝顶部，顺坝泄到水潭内，消能后再从木坝上流下入消力池，再一次消能后从水沟泄走。可见早期芍陂泄水口门的构筑，不是修筑闸门，而是修筑堰坝，这一方法，可能就是东汉时称为的“墕流法”，“墕”即是堰。《后汉书》卷七六《王景传》记载，汉显宗曾诏王景与将作谒者王吴共修作浚仪渠，“吴用景墕流法，水乃不复为害”。则墕流法为王景所创。以后建初八年（公元83年）王景任庐江太守，又修复芍陂，所以水门处的堰坝可能用的是墕流法。修筑堰坝兼顾了蓄泄。该堰坝就地取材，维修方便。从堰坝的结构来看，已注意基础处理，堰身打入木桩，加强了堰的整体性，又采用两级消能，可见已具有比较高的技术水平。

引、排水渠。引、排水渠与口门相接。芍陂渎、羊头溪水等皆可从芍陂取水灌溉农田。芍陂渎还可供应城市用水，以及济水通运。而与井门连通的另一芍陂渎兼有泄洪的作用。又《芍陂纪事》记载，芍陂“古无闸坝名，只以皂口河为出水之口”。皂口河位于芍陂东北角，排泄洪水经肥水入淮河，是芍陂的主要泄洪口门。

第四，综合利用水资源。

芍陂巨大的库容，能潴蓄大量的水资源，其发挥的作用是多方面的。一是具有显著的灌溉作用。“龙泉之陂，良畴万顷。”[44]灌溉面积广大，灌区内主要种植水稻[45]，对发展淮南地区的农业经济起了很大作用。二是供寿春城市用水水源。《水经注·肥水》载：“肥水又左纳芍陂渎，渎水自黎浆分水，引渎寿春城北，径芍陂门右，北入城。”肥水又西，“左合羊头溪水，水受芍陂，西北历羊头溪，渭水羊头涧水，北径熨湖，左会烽火渎。……下注羊头溪侧，径寿春城西，又北历象门，自沙门北，出金城西门逍遥楼下，北注肥渎”。因此，寿春城内外，河渠纵横，湖塘罗列，风景优美。三是调剂运道水量。肥水水浅时，陂水通过井门、芍陂渎入肥水，使肥水保持一定的水位，利于通航。如《三国志·魏书·武帝纪》载，东汉



末建安十四年（公元209年），曹操军至谯，“自涡入淮，出肥水，军合肥”，又在芍陂屯田，就是走的肥水道。三国至南北朝时江、淮之间水道，也常走肥水道到巢湖。肥水运道能够通畅，是在水量不足时，依靠芍陂“更相通注”（《水经注·肥水》），给予调剂水量。四是滞蓄山洪。江淮地区夏秋多暴雨，芍陂巨大的库容能滞蓄当地的山洪，减少农田被淹的灾害。

由于芍陂充分利用了自然地理条件，顺应地势布置，选址科学，水源丰沛，蓄水量大，工程布局合理，有五门“吐纳川流”，控制蓄泄，故而很好地发挥了灌溉、滞洪、供水和济运等作用，成为古代蓄水工程的典范。芍陂现今成为淠史杭灌溉工程的一部分，属淠河灌溉区的一个反调节水库，其蓄水面积34平方公里，蓄水量近一亿立方米，灌溉面积达67万多亩。这颗古代的水利明珠，仍在发出灿烂的光辉。我国水利史也因有芍陂这一古老的水利工程而引为骄傲。

二、古代长江以南最大的蓄水工程——鉴湖

鉴湖，又称镜湖、长湖、大湖、南湖、贺监湖等[46]。位于今浙江绍兴城南，是古代长江以南最大的陂湖蓄水灌溉工程。创建于东汉永和五年（公元140年），由会稽郡太守马臻主持修建。

绍兴的地形，从东南到西北，为会稽山脉所围绕，平原北部濒临大海（古称后海），中间是一片河湖交错的沼泽平原，整个地形南高北低，呈现“山—原—海”台阶式的自然地形环境。会稽山脉的分支化山山脉与西干山脉之间的丘陵地带，可称为“稽北丘陵”。丘陵之间有不少山谷平原和山间盆地，丘陵北面的山麓地带为冲积扇坡地，土层深厚，宜于农耕。而沼泽平原一方面受会稽山流下的山溪洪水，及东面曹娥江和西面浦阳江的山洪影响；另一方面平原中的大小河流都与后海相通，钱塘江海潮一日两度倒灌入平原内部，造成土地沼泽咸渍化，从春秋时期以后，钱塘江主流出南大门，潮势强劲，危害更大。这种不良的地理环境，造成平原开发缓慢。

绍兴平原从远古起就有越族在此居住。距今6 000～7 000年遭受卷转虫海侵后，平原生存环境恶化，越族人民退入山区生活。到春秋越王勾践时期，由于海岸的后退，地理环境有了改变，随着生产力的发展，人口的增长，军事斗争的需要，越族从崎岖的山丘地，进入山麓地区开发，而后又向沼泽平原发展，并兴修水利，改造沼泽平原的恶劣自然环境[47]。据《越绝书》卷八记载，在山麓地带修筑蓄水灌溉工程吴塘；在平原地区修筑富中大塘、炼塘等，以拦截溯河漫溢的海潮；在沿海修筑类似海塘的石塘。这些水利工程对开发水土资源起了较大作用，促使于越的经济实力迅速发展。然而这些工程零星分散，规模仍小，不足以解除平原地区的洪、涝、旱、潮灾害。

秦统一后，为削弱越的政治影响，把会稽郡治设在吴（今苏州），迁进大量越人，于是越地经济有所衰退。西汉以后，绍兴地区的社会经济得到恢复和发展。东汉永建四年（公元129年），实行吴（郡）会（稽郡）分治，山阴县城（治今绍兴市）成为会稽郡治，亦成为浙东的政治经济中心，这就需要进一步开发水土资源，于是在设郡后的十一年，即公元140年兴建了江南著名的水利蓄水工程鉴湖。

鉴湖兴建以后的千余年间，对绍兴地区的开发和经济繁荣起过重要的历史作用。



鉴湖巨大的效益是与它杰出的工程技术成就分不开的，主要表现在以下几方面：

（一）巧妙地利用特有的地形条件进行规划布置

鉴湖的修筑巧妙地利用了“山—原—海”台阶式的地形特点。

在稽北丘陵之间，排列着许多南北流向的河流，古人称为“三十六源之水”，主要有伧塘溪、青塘溪、富盛溪、御河、若耶溪、南池溪、栖凫溪、破潭溪、木栅溪、兰亭溪、苦竹溪、离渚溪、容山溪、干溪、型塘溪、古城溪、枢里溪、白石溪等[48]，从山麓冲积扇北流进入平原，再注入后海。这些河流进入平原后，由于潮水倒灌，排泄不畅，潴成许多湖泊。枯水季节各湖彼此隔离，山洪暴发时，则泛滥成泽国。史载这片泽地叫庆湖。早在公元前515年，吴国王子庆忌的家族逃避迫害而隐居于此，越人“予湖泽之田，俾擅其利，表其族曰庆氏，名其湖曰庆湖”[49]。鉴湖工程就利用了这种湖泽的地理基础。见图2－2－2－2。

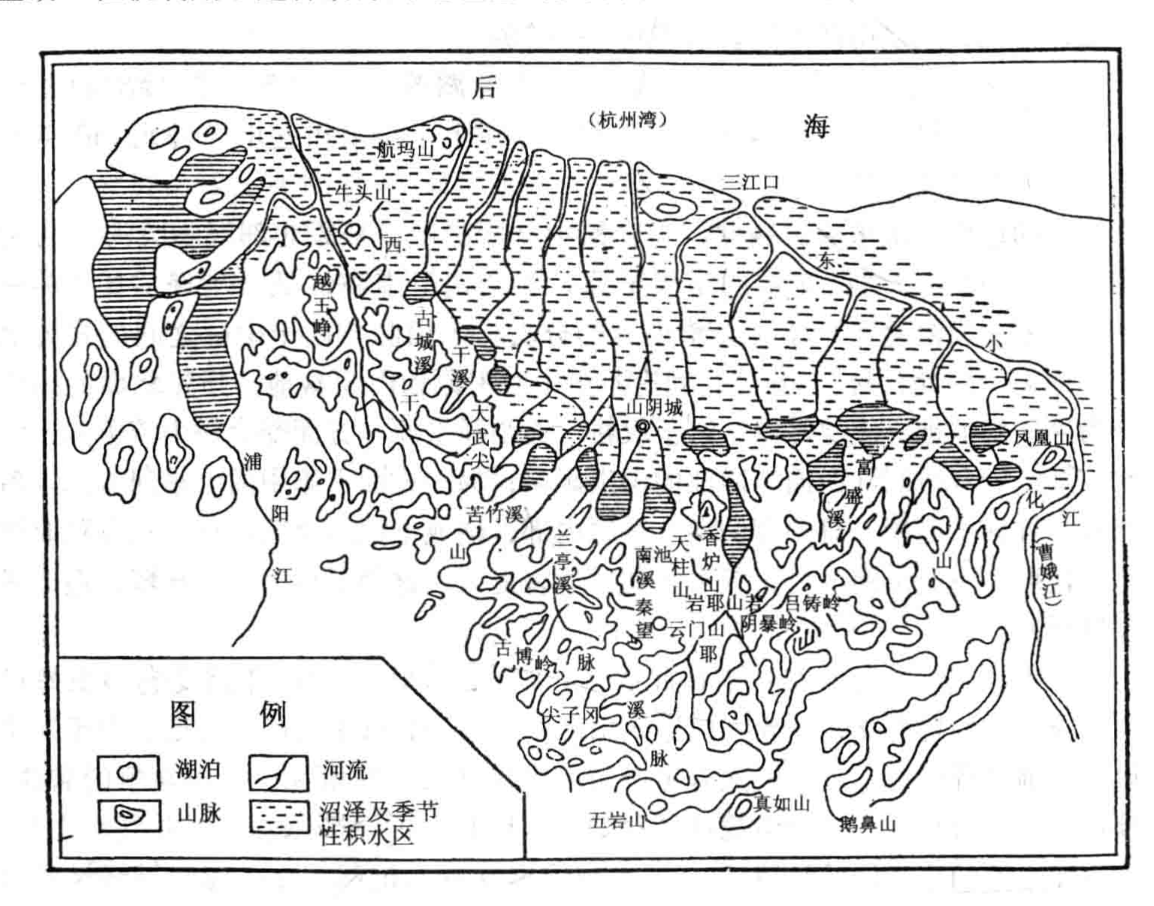


图2－2－2－2　古代绍兴地区自然环境示意图

（根据陈桥驿《绍兴史话》插图绘制）

鉴湖的南界是稽北丘陵的山麓线，北界修筑的是人工堤岸，但利用了前人打下的基础。《越绝书》卷八记载：“山阴古陆道，出东郭，随直渎阳春亭；山阴古水道，出东部，从郡阳春亭，去县五十里。”这条“古陆道”，实是沿“古水道”修筑的堤塘，应与水道同时筑成，从大越城（今绍兴卧龙山下）通到今曹娥江，位置基本与今浙东运河一致。马臻在陆道的基础上加修、延长堤塘，围成了鉴湖。于是，湖堤与稽北丘陵之间，从山麓冲积扇以下，所有的湖泽、平地，及少数冈阜和弧丘都包在一个大湖之中，形成湖底高程不一的狭长形的人工湖泊。



可见，鉴湖工程的修筑很好地利用了自然地理条件。台阶式地形的最高一级是山。鉴湖依靠山丘发源的溪河注入丰富的水源；又湖的北界傍靠山麓，节省了大量的工程量。台阶式地形的第二级是原。鉴湖建在平原的南部，在旧有大量湖泊的基础上，修筑湖堤拦水抬高水位，湖水可以自流供给平原北部农田用水，洪涝水也能通过河流排入后海。台阶式地形的第三级是海。后海是鉴湖及绍兴地区余水的排泄区。为阻挡海潮，鉴湖工程建成后又不断地修筑完善海塘，以增强后海的有利作用，预防其不利危害。因此，鉴湖可说是巧妙地利用地形条件的杰作。

（二）湖面广袤，设施众多

鉴湖湖面巨大，其周长到南朝时有记载，刘宋·孔灵符《会稽记》称："堤塘周回三百一十里。"[50]宋代曾巩《序越州鉴湖图》[51]称湖周长为358里，宋代以后多以此周长为是。据今人研究[52]，鉴湖控制的集雨面积为610平方公里，多年平均径流量4.6亿立方米左右，总面积189.95平方公里（其中水面面积为172.7平方公里，湖中岛屿面积17.25平方公里），湖底平均高程为3.45米（黄海高程，下同），正常水位高程5米上下，正常蓄水量为2.68亿立方米左右，总库容至少为4.4亿立方米。可见其面积之大，蓄水量之多。

鉴湖巨大的湖体上，建有许多工程设施，主要有湖堤、闸涵等组成。

湖堤建在绍兴城南三里，并以城为中心向东西两面伸展。鉴湖巨大的水量完全依靠湖堤拦蓄溪水聚成。湖堤的高度，嘉泰《会稽志》卷一三引《旧经》称："湖水高平畴丈许，筑塘以防之。"也就是在原地面上筑堤蓄高水位，堤的高度起码在一丈以上。湖堤的长度，北魏《水经注》卷四〇《渐江水》载："湖广五里，东西百三十里。"则湖的南北宽为5里，而东西堤长130里。宋代时记载较详。南宋徐次铎《复镜湖议》[53]说：镜湖堤在会稽境者，自五云门东至曹娥江长72里，在山阴境者，自常喜门至西小江长45里。再加上五云门至常喜门城堤长约10里，湖堤总长达127里左右（约合今118.8里）。据今人调查考证，鉴湖堤坝的西缘在今绍兴县宾舍村南折经塘湾里村到广陵斗门；东缘则由上虞县的白米堰折南向，至蒿口斗门，堤坝总长为56.5公里，总工程量约230万立方米。[52]因东部地形略高于西部，在稽山门到禹陵筑有南北向长5里的隔堤一道，隶会稽的称为东湖，隶山阴的称为西湖，东湖水位一般比西湖高二三尺。隔堤上有桥，桥下有闸门，东西两湖水可由此相通。对于隔堤，《水经注·渐江水》已有记载："又于湖中筑塘，直指南山北。"可知隔堤的兴筑很早。

据近期发掘，鉴湖堤上的一些重要地段，如布置排灌设施的地段，修筑时已使用木桩加固基础及采用沉排的施工方法。如1987年在湖塘乡挖掘湖村桥工作桥基，挖至高程2.6米处见有较多数量的松树桩基，木桩密集处每平方米约4～5根，通过对木桩进行C^{14}测定，基本可以认为是筑鉴湖时打入的桩基。从开挖时见到松桩上横摊着已呈泥煤状的竹、树枝等斑迹分析，是采用了泥土和柴竹的沉排筑法[52]。这种筑法用在水流冲击处，能较好地防止冲刷。

闸涵用以控制蓄泄。北魏《水经注·渐江水》载："沿湖开水门六十九所。"南宋徐次铎《复镜湖议》（嘉泰《会稽志》卷一三）中载有斗门、堰、闸、阴沟等四种排灌设施，有斗门8所、闸门7所、堰28所的名称和位置。"夫斗门堰闸阴



沟之为泄水沟也，然泄水最多者曰斗门，其次曰诸堰，若诸阴沟则又次焉。今两湖之为斗门堰闸阴沟之类不可殚举。”斗门是大闸，主要设于鉴湖与潮汐河流直接沟通之处，用于泄洪和拒咸；水闸形制较小，可灌溉与泄洪；堰是无闸门的溢流堰，其作用除泄洪外，主要可补给内河水，以灌溉农田；阴沟更小，是埋设于堤中的涵管，用于放水灌田。徐次铎列举了主要的设施：“其在会稽者：为斗门凡四所，一曰瓜山斗门、二曰少微斗门、三曰曹娥斗门、四曰蒿口斗门；为闸者几四所，一曰都泗门闸、二曰东郭闸、三曰三桥闸、四曰小凌桥闸；为堰者凡十有五所，在城内者有二，一曰都泗堰、二曰东郭堰，在官塘者十有三，一曰石堰、二曰大埭堰、三曰皋部堰、四曰樊江堰、五曰正平堰、六曰茆洋堰、七曰陶家堰、八曰夏家堰、九曰王家堰、十曰彭家堰、十有一曰曹娥堰、十有二曰许家堰、十有三曰樊家堰。其在山阴者：为斗门凡有三所，一曰广陵斗门、二曰新迳斗门、三曰西墟斗门；为闸者凡三所，一曰白楼闸、二曰三山闸、三曰柯山闸；为堰者凡十有三所：一曰陶家堰、二曰南堰，皆在城内，三曰白楼堰、四曰中堰、五曰石堰、六曰胡桑堰、七曰沉壤堰、八曰蔡家堰、九曰叶家堰、十曰新堰、十有一曰童家堰、十有二曰宾舍堰、十有三曰抱姑堰，皆在官塘。”又说：“两县之北，又有玉山斗门八间，曾南丰（曾巩）所谓朱储斗门是也，去湖最远，去海最近，地势斗下，泄水最速。其三间隶会稽，五间隶山阴。”布置见图2-2-2-3。此外，“其他民各于田首就掘堤增为诸小沟，洎古诸暗沟及他缺穴之处难遍以疏举”。之前北宋曾巩《序越州鉴湖图》说湖堤上共设有阴沟33座。这些设施哪些是初创时修建的已难于查考。

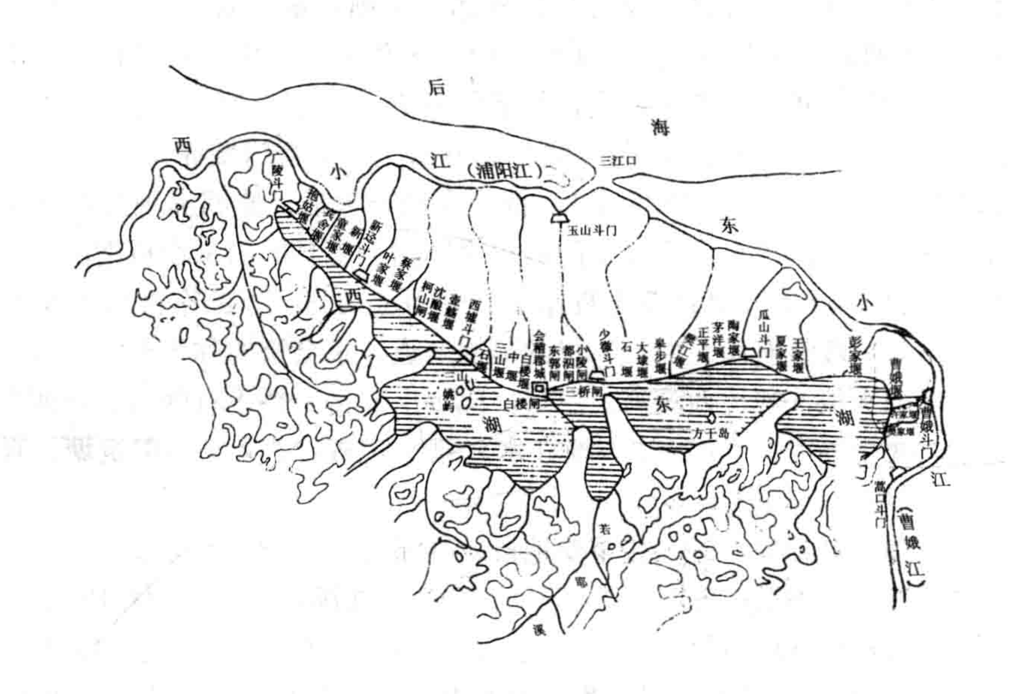


图2-2-2-3　鉴湖示意图

以上讲的是斗门、堰、闸、阴沟的一般作用，有的还有专门作用。如曾巩《序越州鉴湖图》特别提到柯山斗门，位于州之西30里，“通民田”，功用主要供民田灌溉。陶家堰导鉴湖泄水入西兴运河[54]。都泗堰闸“尤为要害，凡遇纲运及监司使命舟舡经过，堰兵避免车曳必欲开闸通放，以致启闭无时，失泄湖水”[55]。



此堰闸起控制湖水入绍兴城的作用，也与运河相通。

由此可见，鉴湖作为一个人工蓄水库，由湖堤、水闸、溢洪道等设施组成了一个完整的灌溉枢纽，起蓄水、泄洪、灌溉、济运、供水等作用，工程技术达到相当高的水平。虽然有些设施是后代逐渐修建的，但北魏时已有水门69所，初建时也不会相去过远，故东汉时鉴湖工程技术处于当时国内的领先地位。

（三）完整的水利系统，显著的效益

鉴湖不仅本身工程设施完备，在灌区水利方面还注意建设完整的区域水利系统，不断整治山会平原的河网，使渠系布置更加合理。

东晋时开挖了一条大体与鉴湖湖堤并行的东西向干渠。嘉泰《会稽志》卷一〇运河下载："晋司徒贺循临郡，凿此以溉田。"这条渠道在前人的基础上开挖，西自西兴起，向东流经萧山县治北，又东接西小江（浦阳江）、又东经绍兴城，再抵曹娥江，全长200余里。这条干渠后来称为西兴运河，是浙东运河的一部分。由于绍兴平原的河流大多是南北走向，故鉴湖与这些河流相交处设置了一系列的涵闸，引水渠道也直接从湖堤开口，这样涵闸的设置具有一定的局限性。运河开成后，与鉴湖湖堤在相隔不远处平行走向，使河渠都与运河相交，在运河上布设涵闸比湖堤更为方便，因此大大地改善了鉴湖的排灌条件。而且由于运河的开凿，沟通了许多南北向河流之间的关系，有利于河渠之间的水量调节，加速了平原河网化的形成，鉴湖的大量淡水，可通过河网不断地输送到农田。此条运河始建时的目的主要是为了灌溉，以后随着经济的发展，运河的运输作用也日渐重要起来。之后，仍不断地完善区域的水利系统，如修建海塘，改建堰闸，开凿河道等[56]。

具有巨大库容鉴湖的建成，加上配套水利系统的逐步完善，因此，此湖发挥的水利功效很是显著。南朝宋·孔灵符《会稽记》说："永和五年马臻为太守创立镜湖，在会稽、山阴两县界筑塘蓄水，水高（田）丈余，田又高海丈余，若水少则泄湖灌田，如水多则闭湖泄田中水入海，浙以无凶年。"[57]鉴湖巨大的库容可以对稽北山溪来水起拦蓄和调节作用，初步解除了山会平原的洪潦威胁。利用湖高于田，田高于海的有利地形，天旱时，打开湖堤上的闸涵，将充裕的蓄水通过河渠灌溉农田；雨涝时，关闭湖堤上的闸涵，不使湖水下泄，泄放农田之水入海。山洪来时，除鉴湖本身滞洪外，又可打开斗门泄洪，东由曹娥斗门、蒿口斗门等排入曹娥江，西由广陵斗门、西墟斗门等排入西小江，北面由玉山斗门经三江口排入海。这样鉴湖之下山会平原的9 000余顷土地，就免除了洪涝之害，而受灌溉之利，成为旱涝有收的鱼米之乡。南朝梁·沈约说："会土带海傍湖，良畴亦数十万顷，膏腴上地，亩直一金，鄠、杜之间，不能比也。"[58]山会平原正因为有了鉴湖，才会形成数十万顷的膏腴农田，其富庶程度甚至超过了当时的关中地区。

可以说，鉴湖的建成标志南方陂湖水利进入了一个新的时期，水利技术的进步，也促进了南方陂湖水利的发展。

东汉至唐代鉴湖的效益一直显著。之后，由于会稽山地的日渐开垦，鉴湖的淤积加重。宋代山会平原人口迅速增加，地狭人稠，豪强巨室于是大量围占湖地，治平间盗湖为田达700余顷。政和中围垦湖田达2267顷25亩[59]。鉴湖已大部开垦成田。后来虽有几次复湖的举动，但浚治效果不大。南宋乾道元年（公元1165



年）下诏："绍兴府开浚鉴湖，除唐贺知章放生池旧界十八余顷为放生池水面外，其余听从民便，逐时放水，以旧耕种。"[60] 允许民众放水合法耕种，鉴湖也就很快湮废了。但此时鉴湖也已运行了一千余年。

第三节　陂塘工程技术

修建陂塘，是解决来水与用水之间在时间分布上和水位高程上的矛盾，以很好地利用水资源。陂塘属蓄水工程，由挡水、泄水、取水建筑和库区组成一个水利枢纽工程。

我国自春秋中期在淮南地区创建大型陂塘工程芍陂后，历秦汉、南北朝时期，大小陂塘在江汉、江淮及长江以南地区大量兴建。在众多陂塘工程的建设中，陂塘工程技术有了长足进步。首先具有合理的陂塘规划技术思想，设计规划了一批平原水库、山谷水库，以及陂渠串联工程，不少陂塘一直使用运行至今。尤其是陂渠串联工程是我国人民创造的适于丘陵山区的特色工程，当时的技术水平处于世界领先的地位。其次陂塘的堤坝类型多样，因地制宜修筑，在堤坝的横断面设计、纵向布置等方面皆符合力学原理。再次能巧妙地布设水门（或涵管）和溢洪设施，出现了石质闸座和石坝溢洪道，较好地控制了陂塘的蓄泄。

一、陂塘规划技术

陂塘的规划要根据所在地的地形、地质、水文、气象，以及经济发展的要求进行规划。春秋战国至南北朝时期，在陂塘工程建设中已形成一些共同的规划技术原则，这是我国人民在实践中创造出来的可贵经验之运用。

从陂塘的类型来看，我国古代陂塘灌溉工程按建造的地区特点，大致可以分为两类，一类是在平原地区修建，现代称为平原水库（小型的称为水塘、水池等）。早期修建的如淮南芍陂、汝南鸿隙陂、南阳六门陂、绍兴鉴湖、丹阳练湖等都是很著名的这一类水库。另一类是在山丘地区修建，现代称为山谷水库（小型的称为山塘）。早期修建的如河南泌阳的马仁陂、江苏扬州的陈公塘、句容赤山湖等是这一类水库工程的代表。此外，为了充分利用水资源，及在更大的范围内调配水量，采取了陂渠串联的工程形式，通过渠道把大小陂塘串联起来，类似今日的"长藤结瓜式"水利系统，促使在大范围内形成一个灌溉网。

（一）陂塘规划的原则

一是因地制宜，巧妙地利用地形、水源条件，规划布置陂塘。

从地形方面看，有背靠丘陵，再利用洼地、泽地修筑的陂塘，如大型陂塘芍陂和鉴湖皆如此布置，这样节省了塘堤的工程量，又能自流灌溉平原地区；又有利用地形起伏洼下之地，人工修筑围堤取得库容的，如鸿隙陂等；再有在山谷筑坝，利用山谷地形而成库容的，其所筑堤坝较短，而蓄水量相对较多，如马仁陂、陈公塘等。还有顺山坳而建，筑成半圆形的陂池，云南呈贡县小松山和七步场、大理的大展团出土有东汉时这种陂池模型；或有依台地而建，利用台地的高差筑成方形水库，云南嵩明县梨花村、呈贡县小松山、通海县镇海就出土有东汉时的这种方形陂池[61]。



从水源方面看，有筑塘拦蓄天然河道形成蓄水库容的，如南阳楚堨在湍水上筑坝，“拥断湍下，高下相承八重，溉田五百余顷”[62]。坝厚八重，形成周十里的方塘，“泽润不穷”（《水经注·湍水》）。楚堨下游的六门陂，也是在湍水上筑石坝，拦断湍水后形成陂塘，并设六石门以控制蓄泄[63]。有利用来水丰富的洼地，人工修筑长堤，把多条水源拦截起来，形成巨大库容的，如绍兴鉴湖等。有利用天然湖泊，人工修筑围堤，扩大库容的，如汝南地区原来湖泊就多，汉代修建了许多陂塘，当利用了原有的湖泊，形成了水库群。而一些小型陂塘多是利用当地降雨及径流蓄水的。总之，陂塘在规划时注意引入充沛的水源，规划的大中型陂塘都有源源不断的长流水进入，以确保丰沛的水量。

古代由国家和地方政府修筑的陂塘，由于具有统一调度众多劳动力的权力，财力又较充裕，故往往能充分利用大范围内有利的自然地理条件修筑，陂塘库容巨大，从而较好地利用了当地的水资源为农业生产服务。而由农户自己修建的陂塘，规模小，但数量多，形式各异，也是适应小范围地形和水源状况的。小型陂塘在东汉时期迅速地在南方推广，它们和农田连在一起，皆是农户私有财产的重要组成部分。之后，民间修建就更为普遍了，成为南方山丘地区利用水资源的主要水利工程类型。

二是以灌溉为主进行综合利用。

陂塘按其不同的任务和要求进行划分，大体可以分为防洪、灌溉、航运和军事等类单项任务的工程。古代以灌溉为目标的陂塘工程，规划时往往兼顾设置多种功能，成为以兴利为主的综合利用的水利工程。如芍陂和鉴湖因有巨大的库容，不仅自流灌溉广大的农田，还起滞洪和防洪作用，又有接济运河水量，供给城市用水，及畜养水生动植物等的功能。

小型陂池亦多实行综合利用。如贵州兴义出土的一个东汉晚期陶水田池塘模型，呈圆盘状，中间一泥条分隔为二，表示堤坝，“堤坝”中部有一拱顶闸门，水鸟昂立其上，稻田被三条竖曲田埂分为四块，田中长着秧苗，池塘中有大鱼、泥鳅、田螺、菱角、荷叶、莲瓣等。塘边刻画出成行的树木[64]。见图2－2－3－1。



图2－2－3－1　东汉水田模型

（贵州兴义出土）

三是古代陂塘一般都修筑有堤坝、水门和溢洪设施，形成一个具有蓄、灌、排较为完整的蓄水工程体系。

陂塘依靠堤障蓄水，水门可起灌溉和排洪的作用，大型陂塘设有专门的溢洪设施，如绍兴鉴湖，小的陂池泄洪任务多由水门兼任。由于工程设施的完备，故而能较好地发挥陂塘的作用。

四是总结了陂塘大小与灌溉农田面积的比例。

由于西汉以后灌溉农田的小型陂塘兴建的增多，为保证农作物生育期有充足的灌溉水源，但又不过多地占用土地，人们提出了陂塘面积与灌溉农田面积的比例问题。西汉《淮南子》卷一七《说林训》称：“十顷之陂可以灌四十顷，而一顷之陂可以灌四顷。”就是说陂塘面积与农田面积的比为1:4，即一亩的陂塘水面



可以灌四亩农田，这大致指小型陂塘而言。后代人们提出的比例与此也相差不多。

这些陂塘规划的技术原则，我国人民很早就在实践中应用，从而较好地对水资源实行调节利用。又由于规划的陂塘工程设施比较完备和合理，确保了陂塘工程效能的发挥。我国有许多陂塘，兴建的历史达一二千年以上，有的至今还在使用，除注意不断维护管理外，合理的设计规划是这些陂塘得以长期运行的主要原因。

（二）平原水库的规划布置技术

先秦至南北朝时期在淮河平原、长江下游平原建造了不少陂塘。这类平原水库蓄水工程技术的特点：一是堤坝长，有的呈直线，有的呈曲线，有的是马蹄形，有的甚至是圈堤，它的高和宽相对来说尺寸较小。二是依靠修筑堤坝提高低洼地带的蓄水能力，所形成的库区淹没面积大。三是蓄水位不高，水闸等建筑物水头较小，修筑较为容易。现举几例有名的平原水库加以说明。

淮南的芍陂，早期利用南高北低的地形，在西、北两面筑堤，大约有120里的长度，南面和东面依靠丘陵和高岗未筑堤，这样围成陂径约为224里的葫芦状蓄水库。由于堤坝不高，早期所筑的口门未建闸，而是用堰坝过水，较容易修筑。

绍兴鉴湖呈狭长形，南北宽5里，东西长130里左右，故被称为“长湖”（《水经注·浙江水》）。湖的北界依着山麓，南面筑堤长127里左右，湖周达358里。湖面广袤，但蓄水位不高，平均蓄水深仅1.55米左右。鉴湖堤上水门等建筑物众多，这既反映当时修筑陂塘工程的技术水平较高，但也说明在水头不高时，沿堤开闸涵安全性易保证，修筑闸涵技术较容易掌握。

汝南在汉代所建的鸿隙陂，是古代水面面积最大的陂塘，位于今河南省淮河干流与汝河之间的正阳、息县一带。《水经注·淮水》载：“其陂首受淮川，左结鸿陂……陂水散流，下合慎水，而东南径息城北，又东南入淮。”其堤塘长400余里，东汉建武中修建时花了数年的功夫，可见其土方量之大。堤塘是在洼地四周进行圈筑的，围成了一个典型的平原水库。

江苏省丹阳的练湖是古代有名的一座中型平原水库。练湖自西晋末创建后一直运行到近代，历时1 600多年。练湖的修筑是利用丹阳城北的一片洼地“开家湖”为基础，在四周筑堤，拦入马林溪水，成为周回40里，总面积达两万余亩的水库。后代记载练湖堤高一丈左右，堤顶宽一丈。[65]

早期人少地多，可以修建占地很多的平原水库，故春秋至南北朝时期平原水库规划修建得特别多。后代人口繁衍，多侵占肥沃湖滩地为田，或废湖为田，此类陂塘大为减少。

此外，在规划平原水库时，除要重视堤坝的布置和基础牢固外，还要规划好泄洪及排水的通道，以免引起内涝和地下水位上升，及由此而产生次生盐碱化，对这方面的问题古人已有较深刻的认识（见本编第四章）。

（三）山丘水库的规划布置技术

山丘水库在我国兴建也很早。山区和丘陵地区，河谷比较狭窄，因此这类工程技术的特点：一是堤坝较短，修筑堤坝的工程量相对较少。二是堤坝较高，更加注意堤坝的修筑质量。三是选择山谷“肚大口小”的地形。“肚大”，库容大；“口小”，堤坝工程量小，易于修建和管理。如：



河南省泌阳县的马仁陂，是一座典型的山谷水库，坐落在南阳盆地边缘山区比水（今泌阳河）的一条支流上，西汉元帝建昭间（公元前38～公元前34年）南阳太守召信臣创建。《水经注·比水》记载："比水右会马仁陂水，水出沅阴北山，泉流紧凑，水积成湖，盖地百顷，谓之马仁陂。陂水历其县下，西南堨之以溉田畴，公私引裂。"清道光《泌阳县志·水利》也记载：马仁陂在县西北70里，"上有九十二岔水，悉注陂中，周围五十余里，四周山围如壁，唯西南隅颇下泄水。汉太守召信臣始筑坝蓄水，复作水门，以时启闭。分流碌礎二十四堰，灌溉民田万余顷"。水库以山泉溪水为源。由于"四周山围如壁"，只有西南隅地势低下，故而在此筑坝，工程量减少许多，但陂面积却相当大，水面达百顷，陂周长50余里，蓄水量多，因此灌溉效益大，灌田达"万顷"。马仁陂经过二千余年的沧桑，直到1958年改建时仍保留着基本轮廓。其拦河坝为均质黏土，坝高约14～16米，长约820米，东西向，略弯曲，两端与山坡相连接。主河槽近左岸，斗门及溢洪道布置在右侧。另外西端岗坡处还有副溢洪道，水大时，可从溢洪道泄入比水[66]。虽然这是后代的情况，但始建时基本布置当不会相去过远，其坝长1.64里，而坝高达15米左右，河谷宽广，储水量大，充分体现了山谷水库的特征。它运行时间长久，说明古代在陂塘工程的规划设计方面已达到较高的技术水平。

扬州的陈公塘，又名爱敬陂，东汉建安四年广陵太守陈登创建。隆庆《仪真县志》卷七称："（陈公）塘在县北东三十里，汉广陵太守陈登凿，以资灌溉。周纡九十余里，散为三十六汊。……其塘西北依山，东南面，汉魏间已设堤障，唐宋转运时尝修筑八百九十余丈，置斗门、石垯各一。"又宋代淳熙间楚州参军李孟传《修陈公塘记》[67]称："倚山为形，独一面为堤，以受启闭。"就是利用山谷三面倚山的有利地形，只在东南一面筑堤，唐宋时堤长890余丈（4.94里），拦蓄36汊山涧水，形成蓄水库，塘周长达90余里。陈公塘能对山洪起储蓄和调节作用，既控制山洪为害，又灌溉塘下1 000余顷农田。见下页图2－2－3－2。

江苏省句容县的赤山塘，亦称赤山湖、绛岩湖。该塘位于句容县西南30里，以附近有赤山而命名。"周广百二十里，四面皆冈，而西北独缺数里如门。"[68]三国孙吴赤乌二年（公元239年）初建时，是在西北缺口筑堤数里，拦蓄东南茅山、方山、丫髻、瓦屋、浮山、虬山诸山，及东北仑山、五棋、空青、华山诸山之水，汇水面积为806.13平方公里[69]。山水汇合于湖，下注秦淮入长江。赤山湖利用山间洼地作为蓄水库，库区很大，周长达120里，沿湖上流有九河进水，下流13里的河上建柏冈埭（或称百堽堰），以控制入秦淮河水量。赤山塘西北处开有东西两湫（水沟），各建有斗门，可放水灌溉，灌田号称万顷，灌溉效益很大。赤山湖历经1670年，至今仍留存一些湖面，继续在发挥作用。可见，建造时的规划是很合理的。

二、陂渠串联工程技术

我国的地形和气候，南北有明显的差异。华北地区平原广袤，降水量较少，年降水量为500～700毫米，河流分布密度小，自古以来多兴建长距离的渠道引水工程灌溉农田；南方丘陵山地起伏崎岖，但降水量颇丰，年降水量在1 200～1 600毫米以上，多修筑塘堰蓄积当地径流；淮河、汉水流域处于南北过渡之区，上中游分



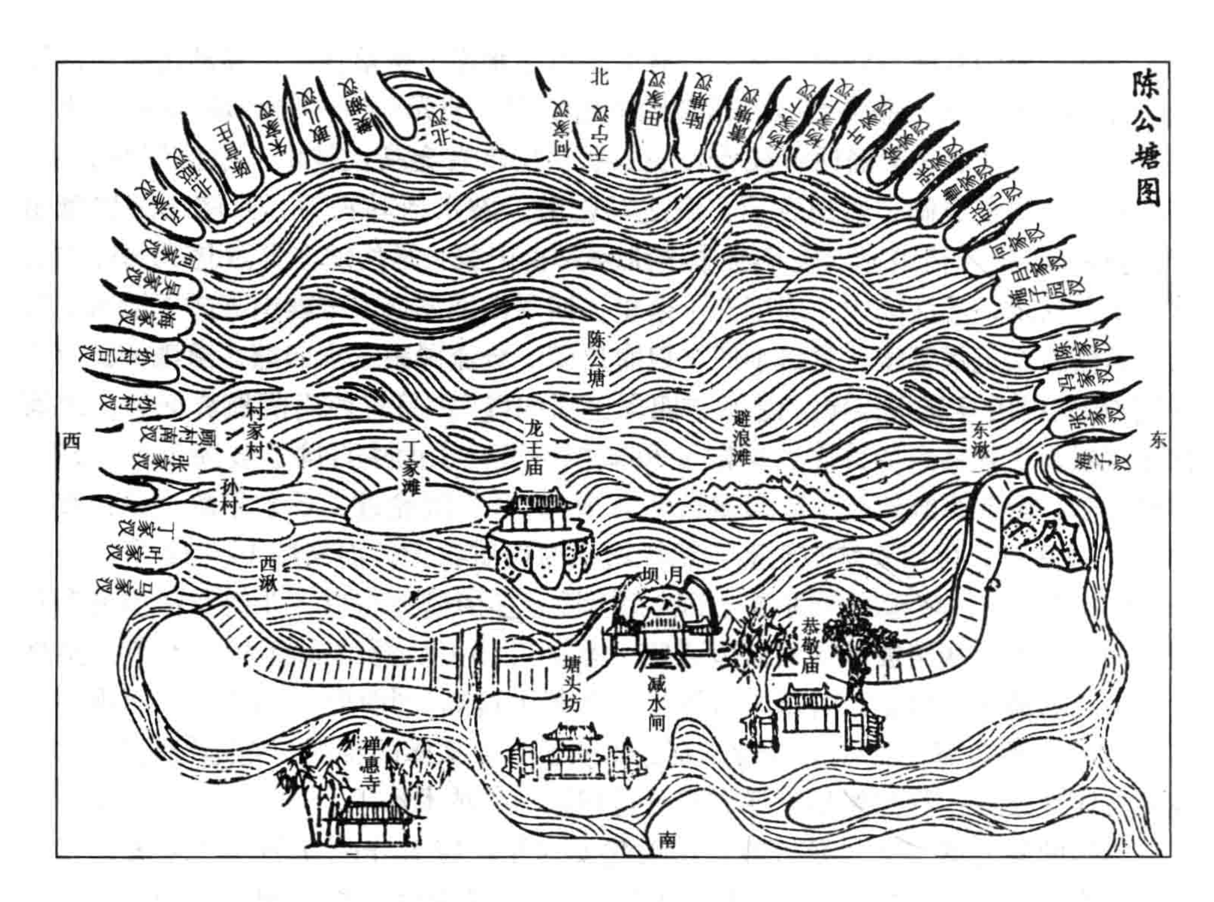


图 2－2－3－2　陈公塘图

（转引《（隆庆）仪真县志》）

布有丘陵盆地和微起伏的高亢平原，年降水量为 800 ~ 1 000 毫米，水利工程类型多发展陂塘与渠道相结合的灌溉系统。我国陂渠串联水利工程技术约起源于春秋中期，楚国孙叔敖所创的雩娄灌区，应是这类工程的滥觞。战国至汉代陂渠串联工程已有相当的发展，类型多样，有名的如战国时建的襄阳地区的白起渠，汉代建的南阳六门—钳卢陂灌区，汝南的水库群等。

陂渠串联的灌溉系统其优点在于解决陂塘水源不足和引水渠道缺乏蓄水容积的缺点，将蓄、引结合起来，组成完整的水利灌溉系统。

山丘区的陂塘受集水面积和降雨量的限制，其所蓄的水量往往不能满足农田灌溉的需要，而陂渠串联后，因为有河流径流的补给，不会因集水面积小和降雨量不足发生陂塘干枯的现象，不仅陂渠之间可以互相调节，陂塘及陂塘之间也能进行调节，这就在较大的范围内对水资源进行调节，能解决集水面积、陂塘容积和灌溉面积之间不能协调的问题。

一般引水灌渠，只能在用水季节内进行灌溉，在非灌溉季节水量往往白白流失，因此灌溉面积受到限制。陂渠串联后，就能够把非灌溉期间的河流径流通过渠道引到陂塘存蓄起来，以供灌溉季节所用，扩大了灌溉面积，这就使水源在季节上得到调节，不仅有利于灌溉，汛期陂塘还能存蓄部分洪水，提高了河流的防洪能力。

总之，陂渠串联的水利工程系统，能对水资源在地区分布和时间分配上很好地加以调节，增大了水资源的利用程度，起到增加灌溉面积和提高灌溉保证率的作用。这一水工技术我国创建早，春秋中期已经萌芽；发展快，汉代淮河、汉水流域



的丘陵和高平地区已较为普遍分布。可见，这是适应于丘陵地区的自然条件，由我国人民创造的一项出色的水利工程技术。

古代陂渠串联的灌溉工程系统大致可以分为以下几种类型：

（一）单首制引渠与陂塘串联的水利系统

这种类型的引渠渠首可以有坝也可无坝，古代一般建有坝渠首，这样可以抬高水位，地形合适还能形成库区，对水资源的调节作用更大。战国末年，在湖北襄阳地区建成的白起渠，就是属于这种类型的陂渠串联水利系统。

公元前227年，秦国大将白起攻楚，在鄢城（今湖北宜城南）西北百里许的汉水支流夷水（今蛮河）上立堨，引水以灌鄢城，后人改建此工程用来灌溉，人称白起渠。《水经注》卷二八《沔水》记载：夷水，“昔白起攻楚，引西山长谷水，即是水也。旧堨去城（鄢城）百许里，水从城西灌城东，入注为渊，今熨斗陂是也。水溃城东北角，百姓随水流，死于城东者数十万，城东皆臭，因名其陂为臭池。后人因其渠流以结陂田。城西陂谓之新陂，覆地数十顷，西北又为土门陂，从平路渠以北，木兰桥以南，西极土门山，东跨大道，水流周通”。“其水又东出城，东注臭池，臭池溉田，陂水散流，又入朱湖陂，朱湖陂亦下灌诸田，余水又下入木里沟。”可见，这是一种典型的“长藤结瓜”式的陂渠串联工程。渠首在鄢城外百里许的夷水上建坝（堨），抬高水位，扩大自流灌溉的面积，渠道下连土门陂、新陂、熨斗陂、臭陂和朱湖陂等，可蓄水灌田。《水经注·沔水》记载白起渠灌溉面积达3 000千顷，灌区规模相当大。见图2－2－3－3。

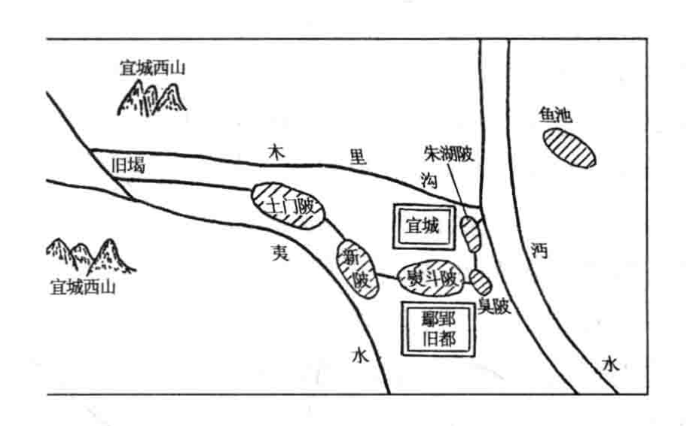


图2－2－3－3　白起渠陂渠串联形势示意图

（选自杨守敬《水经注图》）

白起渠后代称长渠，渠道仍采用陂渠串联形式。与长渠灌区毗连的北面，有引蛮水的木渠工程，此渠始建于楚，当时称木里沟。汉代南郡太守王宠又开凿，“灌田七百顷”。到宋代治平三年（公元1066年），由宜城县令朱挐主持，进行大规模修治扩建，在渠首卢家畈筑“灵溪堰”，以拦截壅高蛮水，其下渠道与49陂相连，也建成陂渠串联的形式，灌溉面积大为增加，达6 000千余顷[70]。

（二）一河取水多首制引渠与陂塘串联的水利系统

淮南地区降雨量比淮北多，河流径流较丰富，因此在河流的上下游可以多处引水，分别灌入高程不一的陂塘，组成一个大的灌区，上游渠道的水量还可补给下游灌区使用。



《淮南子·人间训》记载春秋中期楚国孙叔敖在今河南固始县修建了雩娄灌区[71]，这即三国曹魏刘馥、邓艾改建的茹陂灌区。据后代乾隆《固始县志》卷四记载：“（史河）又西北十五里，过安丰故城西，又径茹陂南，茹陂又名龙潭口，有闸分水北流，是为清河。”茹陂灌区也即是史河的分支清河灌区，是一个陂渠串联的水利工程系统。茹陂在龙潭口，是有一定蓄水库容的枢纽工程，下连清河，清河又与灌区内的陂塘相连。元代时清河的引水口移到黎集附近的石嘴头。明代嘉靖《固始县志》卷四对清河灌区的水利工程有较详的记载：清河首建有两座水闸，即上闸（又名均济闸）和中闸（又名清河闸）。上闸是引水口的节制闸，节制引水量的大小；中闸是控制闸，关闭中闸，可把清河水引入下胜湖和石梁堰，石梁堰还可把过盛的水排入泉河。中闸以下因清河水位低于地面，则顺次在清河上筑有谭家坝、土坝、滩湖坝、马蝗池坝、裴家坝、袁家坝、左家坝、淇河坝、吴荣坝九座土坝，坝上游分别设有引渠，将水引入清河左右的 36 座陂塘。其下还有四座闸坝，用以抬高水位、引水灌田。清河河长 90 里，将 36 处陂塘轮灌一次为时约一个月，大致一次灌水入陂塘，即可满足一年的需要。灌区大致南北长百里，东西宽 50 里，故称之为“百里不求天”灌区。这虽是明代记述的工程情况，但这种多首制引水与陂塘串联的形式应是从早期的工程承袭而来，否则整个灌区不能灌到水。

古代的茹陂灌区主要指清河灌区。史河下游的另一分支是湛河，湛河一方面从史河引水，一方面又承受清河尾闾的余水。湛河上亦有两座水闸，即溥建闸和匀利闸，作用是抬高水位，然后引水入陂塘。湛河两岸从上而下开有三个引渠口，分别灌入 16 座陂塘，这些陂塘呈串珠状，一个接着一个，这与清河两岸的陂塘各个分别引水不同，但都是一河多首引渠与陂塘串联。附近的泉河、曲河灌区等也都是这种水利类型。可见陂渠串联的水利工程在这一地区创建早，并且在后代得到持续发展，成为最普遍的一种水利工程类型。见下页图 2－2－3－4。

（三）多河取水多首制引渠与陂塘串联的水利系统

这种水利系统已由陂渠串联的小水网发展为大水网，由一个河系发展到与几个河系相连，较充分地开发利用了地区水资源。汉代南阳地区的六门—钳卢陂灌区、汝南的水库群即是这类工程的典型，曹魏时淮颍地区也兴修有这类工程。

六门—钳卢陂灌区是汉代南阳太守召信臣创建的，是联结湍水和朝水（今刁河）的陂渠串联的水利系统。《水经注》卷二八《湍水》称：“湍水又径穰县（今邓县），为六门陂，汉孝元之世，南阳太守召信臣，以建昭五年（公元前 34 年），断湍水，立穰西石堨，至元始五年（公元 5 年），更开三门为六石门，故号六门堨也。溉穰、新野、昆阳（应为涅阳）三县五千余顷。”六门堨（即六门陂）在今邓县城西三里的韩洼村南，在湍水上筑坝，形成蓄水库，四周修筑围堤。起初建有三座水闸，后开为六座水闸，以引水灌溉。东汉末，六门堨毁废。晋太康三年（公元 282 年），镇南大将军杜预，“继（召）信臣之业，复六门陂，遏六门之水，下结二十九陂，诸陂散流，咸入朝水”[72]。杜预不仅修复了六门陂水利，并且加以扩展，下联 29 个陂池，29 个陂池通过干渠相连。干渠横贯邓县、新野两县，长达百余里，尾闾于新野县上先港南注入白河[73]。而 29 个陂池的弃水，退水皆入朝水，与朝水灌区连成一片。



钳卢陂在穰县东南六十里。《元和郡县志》卷二一《山南道·邓州穰县》载：“汉元帝建昭中召信臣为南阳太守，复于穰县南六十里造钳卢陂，累石为堤，旁开六石门以节水势，泽中有钳卢玉池，因以为名。”钳卢陂引蓄朝水，但未建在朝水之上，而是利用原有的湖洼，人工筑堤围成。据实地查勘，陂址位于邓县构林乡王堤村，故址在建国前还建有迪陂寺。自王堤至岗岔楼村，还有一道长4.2公里的残堤。陂南北长八里，东西宽三里，共占地93顷多[73]。

钳卢陂距朝水还有一段距离，引水工程所筑堰坝并非截断朝水，而是在朝水的河曲之处，筑堰挑流，通过引渠入钳卢陂。朝水上的这座堰可能即宋代所称的塘土堰（亦称塘堵堰）。

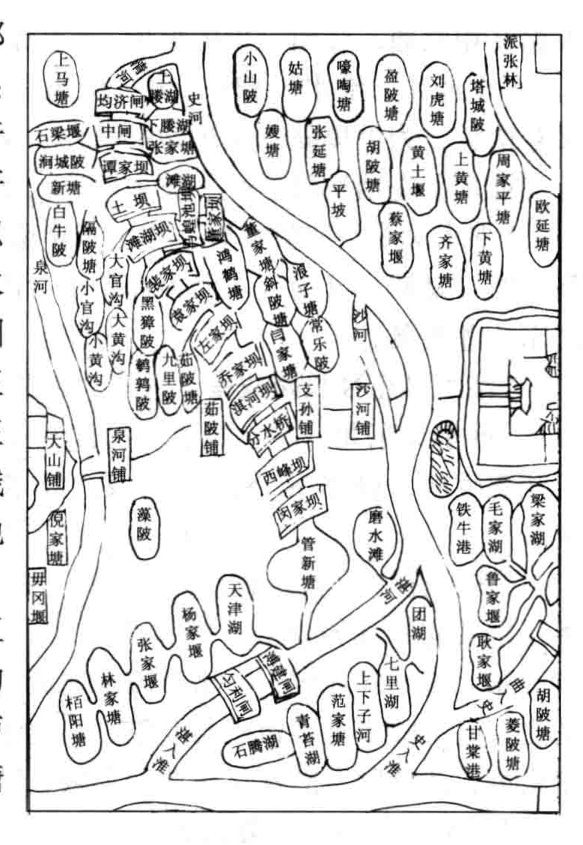


图2-2-3-4　河南固始县清河、湛河陂渠串联分布图

（选自嘉靖《固始县志》）

六门陂灌区工程是湍河上的陂渠串联水利系统，钳卢陂灌区工程是朝水上的陂渠串联水利系统，这两个系统又联结起来，组成更大的陂渠串联水利系统，故能对水资源在两个河流流域之间进行调配。南阳地区年降雨量800毫米左右。湍河汇水面积大，达4 000多平方公里，而刁河汇水面积小，仅400多平方公里，它们的多年平均径流量差别亦大，分别为8.6亿立方米和1亿立方米[74]。六门陂主要灌溉湍水南面今邓县、新野县的农田5 000余顷，其灌溉余水及回归水流入刁河，补充了刁河的水源，再引入钳卢陂存蓄起来。钳卢陂的水源除刁河外，还汇纳众多的溪沟水，如柳渠、贾堰、柳峰岗、侯家桥、构林关、刘家沟、熊家冲等水，这样就扩大了水源。从钳卢陂开有东、西、中三条灌渠，灌溉刁河南面的农田。灌区范围很大，《元和郡县志》卷二一记载，钳卢陂灌溉面积达“三万顷”[75]。因此，六门—钳卢陂水利系统组成了一个大灌区。

汉、晋时期南阳盆地的水利以六门—钳卢陂灌区为首，其巨大的灌溉效益依靠河流之间互相联结的陂渠串联这种水利工程型式。南阳地区这一时期修建的工程甚多，仅召信臣就修了堤堰工程数十处，其后又有杜诗、杜预等人的兴修。据《水经注》记载，除六门陂、钳卢陂外，还有湍水上的楚堨、邓氏陂、安众港等；朝水上的樊氏陂；淯水上的新野陂、豫章大陂；堵水上的堵水陂；比水上的马仁陂及支流上的湖阳陂，及唐子、襄乡诸陂等。其中一些陂堨沟渠也互相串联，形成如现代所称的“长藤结瓜”的网络状，达到灌排自如，进退有别，体现了规划设计的合理性和先进性。

两汉时期及其以后，在汝南的广大土地上散布着众多的陂塘，组成为水库群。其中以鸿隙陂为最大，鸿隙陂接受淮河干流之水，与淮河支流慎水、汝水等流域的



陂塘互相联通。汝南一带的陂塘，《水经注》有较详的记载。

《水经注·淮水》载："慎水所出，东北入淮。慎水又东流，积为燋陂，陂水又东南流，为上慎陂，又东为中慎陂，又东南为下慎陂，皆与鸿郤陂水散流。其陂首受淮川，左结鸿陂。……陂水散流，下合慎水。"

"淮水又东与申陂水合，水上承申陂于新息县北，东南流，分为二水，一水径深丘西，又屈径其南，南派为莲湖水，南流，注于淮。淮水又左迤，流结两湖，谓之东西莲湖矣。"

"淮水又东径长陵戍南，又东，青陂水注之，分青陂东渎。"

"淮水又东北，左会润水，水首受富波，东南流为高塘陂，又东积而为陂，水东注焦陵陂，陂水北出，为鲷陂，陂水潭涨引渎，北注汝阴，四周隍堑，下注颖水。"

《水经注·汝水》载："汝水又东南，陂水注之，水首受慎水于慎阳县（今河南正阳县北）故城南陂。陂水两分，一水自陂北，逕慎阳城四周城堑……堑水又自渎东北流，注北陂；一水自陂东北流，积为鲖陂。陂水又东北，又结而为陂，世谓之窖陂。陂水上承慎阳县北陂，东北流，积而为土陂。陂水又东为窑陂。陂水又东南流，注壁陂。陂水又东北为太陂，陂水又东入汝。"

"汝水又东南，左会澺水。……至上蔡西冈北为黄陵陂，陂水东流，于上蔡冈东为蔡塘，又东径平舆县故城南为澺水。"

"澺水又东南，左迤为葛陂，陂方数十里……陂水东出为鲖水，俗谓之三丈陂，亦曰三严水，径鲖阳县故城南。……鲖陂东注为富火，水积之处，谓之陂塘，津渠交络，枝布川隰矣。澺水自葛陂东南，径新蔡县故城东，而东南流注于汝。汝水又东南径下桑里，左迤为横塘陂，又东北为青陂者也。"

"汝水又东与青陂合，水上承慎水于慎阳县之上，慎陂右沟，北注马城陂，陂西有黄丘亭。陂水又东径新息亭北，又东为绸陂。陂水又乐径新息县，结为墙陂，陂水又东径遂乡东南，而为壁陂，又东为青陂……灌溉五百余顷。陂水又东，分为二水，一水南入淮，一水东南径白亭北……而北流注于汝水。"

以上所载汝南地区的陂塘有30多个，陂塘与陂塘相联，广泛分布于淮水干流与其支流慎水、汝水、澺水、颖水之间，沟渠交络，组成了一个巨大的灌溉网。见下页图2－2－3－5。这种水库群能在大范围内对降雨和径流进行蓄泄调节。

三国曹魏时邓艾在淮河流域大兴屯田水利，"大治诸陂于颍南、颍北，穿渠三百余里，溉田二万顷"[76]，兴修了数十上百的陂塘。《水经注》中所载淮颖地区的陂塘很多，不少应是曹魏屯田水利的陈迹。

《水经注·颍水》记载，在棘城（今禹县西北）东南有钧台陂，方圆十里；郏县有摩陂；临颍县（今河南临颍西北）有青陵陂，方圆20里，东通狼陂；陈县（今河南淮阳县）南有阳都陂；细阳县（今安徽阜阳北40里）东南有次塘；项县（今河南沈丘县）有平乡诸陂；汝阴县（今安徽阜阳）东有次塘、细陂，西有江陂，江陂承大漴陂水。

《水经注·淮水》记颍水入淮处陂塘也很多。汝阴县西有富陂，东通高塘陂、焦陵陂、鲖陂，这些陂都互相串联。淮水支流夏肥水（今西肥河），其上源是沙水



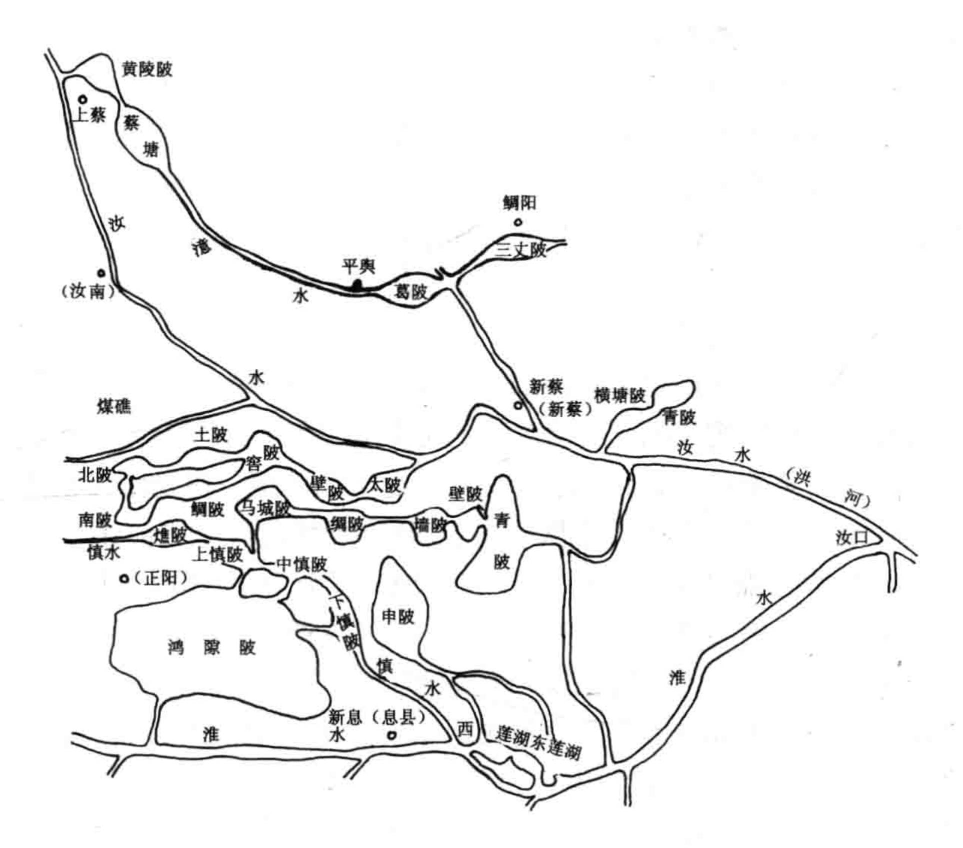


图 2-2-3-5　《水经注》中汝南地区的水库群示意图

从城父县（今安徽亳州市东南）分出，东南流经思善县（今亳州市南）有高陂、大漴陂、鸡陂，鸡陂下连黄陂和茅陂，再与肥水一起入淮。

潩水（相当于今清潩河）、洧水（相当于今双洎河）、濦水（现在的沙河为古濦水遗迹）是颍水的支流，也建有一些陂塘。《水经注·潩水》记载：许昌东南有狼陂，南北20里，东西10里，通颍水，还有宣梁陂。《水经注·洧水》记载，鄢陵县有鄢陵陂；新汲县（今河南扶沟县西南）有濩陂、野子陂。《水经注·濦水》载：濦强县（今河南临颍县东）有陶枢陂；别汝在征羌城（今河南郾城县东南）北积为汾陂，方30里许，东北有狼陂、青陵陂。

以上有些陂塘也采用陂渠串联的形式，并以广漕渠等运河作为主干渠道，“上引河流，下通淮颍”（《晋书·食货志》），与许多陂塘联结，进行流域之间的调水。

可见汉魏时期，淮北平原兴修水库群较为普遍，故灌溉水利发达。当时这些地区人少地多，可以修建占地面积很大的陂塘及水库群。“川渠径复，交错畛陌”，灌排方便顺畅，后代人口增加，陂塘多开垦为农田。但存在的一些陂塘又不能及时得到维修，遇多水年份，“陂堨岁决”（《晋书·食货志》），加上排水出路不畅，易产生次生盐碱化。故而淮北平原的水库群这种水利形式后代逐渐减少。但在相当长的时期内曾发挥过巨大的作用。

淮河、汉水地区陂渠结合的灌溉工程技术，后来逐步向南方丘陵山区传播。同时，自5世纪起中国僧侣还把渠塘结合的蓄水灌溉技术带到斯里兰卡，促进了当地灌溉水利的发展[77]。

三、筑坝技术

陂塘工程一般由坝、水门（或涵管）、溢流设施等组成。坝是挡水建筑物，水



门是泄水建筑物，溢洪道是泄洪建筑物。

陂塘中的坝以布置的位置分，大体有两类：一类是截断河流，拦蓄洪水，使坝的上游形成水库，这种坝古代称为“堰”、“堨”、“遏”等。另一类是将山坳、洼地、湖泊圈筑起来，形成蓄水库，这种坝古代称为“堤”、“塘”等。不论何种类型的陂塘，皆依靠堤坝形成大小不等的库容，因而能潴蓄来水，对径流起调节作用。

以建坝的材料分，又可分为三种：

一种是土坝。这是使用得最普遍的一种坝型，一般就地取土，所筑坝最多为均质土坝。陂塘工程中以筑坝的工程量最大，尤其是修筑土坝工程量尤大。如春秋后期越国在绍兴建成吴塘（《越绝书》卷八），经实地考察，在今绍兴城西北方向的湖塘乡古城村附近，发现了残存古塘[78]。该塘位于稽北丘陵古城溪下游的山麓冲积扇地带，塘上游三面环山，下游为冲积平原，塘址选择合理。塘堤全长约650米，东接来年山，西连马车坞山，呈梯形断面。残塘底均宽60.4米，塘顶均宽13.5米，塘均高13.3米。塘的土质均匀密实，层次分明。塘基土层为海涂粉沙土；塘基以上层高八米部分为褐黄色粉泥田土，与塘两侧田土类别相同；顶层8～13.3米处为黄泥土，与塘附近的山丘土壤同类。由此可知，该堤是在海潮常薄之地的基础上，利用人力先挖取附近田土，继而挑运近塘山泥而筑成的。该塘的走向和长度，所处的山麓地带位置以及离城的距离和方位，均与《越绝书》记载的吴塘相符。该塘堤处采集到的陶器碎片，经鉴定也属于西周春秋时的印纹陶器。因此可初步判定古城塘为春秋时期的建筑物。吴塘的土方总量达55万立方米左右，可见土方量之多。这只是早期建成的规模不太大的陂塘，大型陂塘的堤坝工程量更是惊人。春秋中期淮南建成的芍陂陂周有224里，所筑塘堤约长120里。东汉永和五年（公元140年）建成的绍兴鉴湖，湖周达358里，湖堤总长56.5公里，总土方工程量约230万立方米。鸿隙陂的堤长达400余里，也是土堤。古人在修筑土堤时注意压实，有些土坝可能进行了夯筑，如《管子·度地》讲到冬季水利施工时，要准备劳动工具，“笼臿版筑各什六”，“版筑”即为夯土工具。

另一种是石坝。石坝与土堤相比，修筑技术与难度相对较高，其耐受水流冲击的强度也较大。古代所筑的陂塘石坝一般用于溢流段。陂塘建石坝两汉时已有明确记载。召信臣修筑的拦截湍水而形成的六门陂，其主坝是石碣，故称六门陂为“穰西石堨”（《水经注·湍水》），洪水除从水门排泄一部分外，大部分自石堨顶泄流。此石堨估计为砌石坝。当时所修的钳卢陂则明确指出是“累石为堤”（《元和郡县志》卷二一），应是用形状平整的块石砌筑成坝。钳卢陂的建筑格式、结构与六门陂有相似之处。这两个陂所筑的石坝可代表当时的技术水平。汉代南阳地区其他一些陂塘也筑有石坝，如楚堨“拥断湍水，高下相承八重”（《水经注·湍水》），当是砌成台阶式石坝，达八级之多，这种坝型消能作用大。

再一种是混合坝。见于记载的有草土坝。如1959年，安徽安丰塘发掘出芍陂草土堰（《文物》1960年第1期），由层草层土逐层叠筑建成，从堰坝遗址中出土了“都水官”铁锤，大批铁、铜工具和陶器，这些文物属于东汉时期。所以最迟在东汉时这种坝型已被成功地采用在陂塘堤坝上。草土堰制作容易，造价低廉，对



水流的冲击具有一定的弹性，洪水过大时自行冲溃增大泄量，以确保陂塘安全。洪水过后再重新修筑。这种坝型也是古代应用得较多的一种坝型。

关于堤坝的基础处理。为了使所筑坝体与原来的地基联结紧密，不致形成集中渗漏和管涌，以及产生不均匀沉陷，危及坝体安全，必须对地基进行处理，清除淤泥、植物土壤或风化物。古人很早就认识到这一问题，在筑坝工程中进行了地基处理。如安丰塘发掘出的汉代堰坝，筑于一条泄水沟之上，基础进行了清理，一直挖到生土层。

关于堤坝的横断面设计。坝体除自身维持稳定外，还要能经受住水浪的冲击，因此对横断面的形状和边坡要作出合理的设计，古人在实践中很早就对土坝的横断面提出了要求。《管子·度地》提出，堤坝横断面要做成“大其下，小其上”的梯形，这样堤防才能稳定。梯形两腰的坡度应为多大呢?《考工记·匠人》称：“凡为防，广与崇方。其閷参分去一，大防外閷。”东汉郑玄注谓：“崇，高也；方，犹等也；閷者，薄其上。”即是说，所建的堤防，高和底大致相等，然后按三去一的收分，即三比一的边坡向上修筑。如堤高一丈二尺，则堤底宽也为一丈二尺，按三比一的边坡，则顶宽为四尺。但按这样解释，边坡为3:1，明显过陡，既不易修筑，也难于稳定。合理的解释应该是“广”为堤顶宽，高与顶宽相等，两边坡度的总合为“叁分去一”，每边边坡各为1:1.5（即横一点五，纵一）。“大防外閷”，意思是较高的堤防，边坡还要加缓。这一设计理论也为出土的塘堤断面所证实。如春秋时期绍兴建的吴塘，现存吴塘梯形坝体断面的实测数据为：坝顶均宽13.5米，与地面平均高差13.3米，坝底均宽60.4米，平均坡度1:1.75。这是多年侵蚀后的数据。测量的坝底遗址宽度达82.7米。根据坝底遗址宽度和溢洪道岙底高程，采用1:1.75~2.0边坡推算，原坝顶宽16.4~18.2米，坝高16.6~18.4米，顶宽与高相等。这样的断面尺寸与《考工记·匠人》的理论设计有着惊人的相似之处[78]。说明《考工记》确实对春秋战国之交修筑堤防的经验作了总结。也可知当时从中原到浙东，堤防的水工水平皆达到了较高的水平。见下页图2-2-3-6、图2-2-3-7。

关于堤坝的纵向布置。古代陂塘的堤坝纵向布置形状各异，有圈筑成圆形的，多见于平原地区；有布置成方形的，筑于台地地形；有呈直线状的，建于开阔的谷地或山麓地带。总之根据地形地势灵活布置。此外，在修建山谷水库时，坝轴线较短，设计的坝微微向陂塘一侧弯曲。如汉代的马仁陡水库，其坝体就是这样布置的。又如1964年汉中出土的一个汉代陂池水田模型[79]。模型两旁边沿由池塘向稻田方向逐渐降低，末端又略升高；水坝低于两旁边沿，表示的是在山谷间筑坝蓄水。坝体不呈笔直的直线，而是向陂池方向呈微弧形。见下页图2-2-3-8。这样布置可以传递一部分水的压力到两岸，增加坝体的稳定性，符合现代力学的原理。

四、水门、涵管和溢流设施

水门或涵管是陂塘的重要建筑物之一。为了供陂塘下游地区农田灌溉等的需要，应在陂塘上设置泄水建筑物。古代所建较大的设施为水门，小型的在坝下设放水管，称为涵管、水窦。水门的设计和构筑，技术要求比较高，起初建的水门有的并未设置闸门，随着技术的进步，闸门设置也普遍起来。



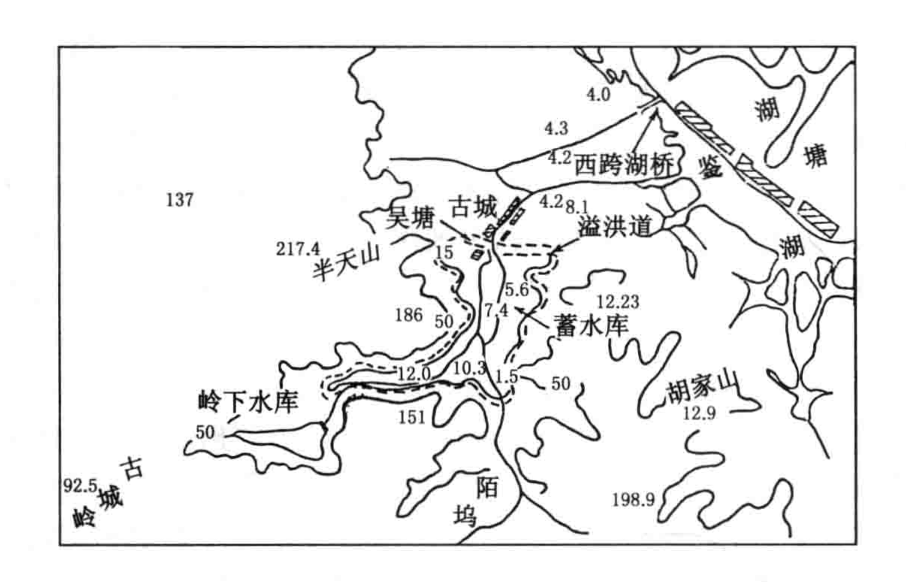


图 2－2－3－6　古越吴塘平面图

（采自《历史地理》第八辑）

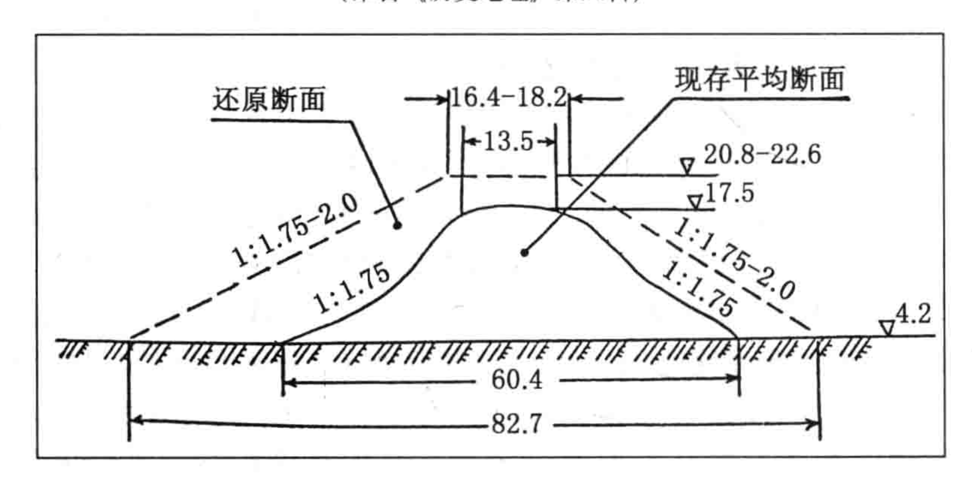


图 2－2－3－7　吴塘横断面图

（采自《历史地理》第八辑）

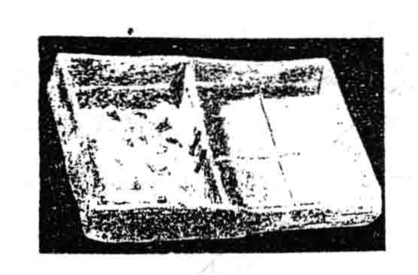


图 2－2－3－8　东汉陶陂池稻田模型（陕西汉中出土）

（采自《文物》1976 年第 3 期）

春秋时在淮南创建的芍陂，设有五座水门，这些水门的结构，估计并未设闸门。据发掘的汉代堰坝遗址分析（见本编第二节），初创时大约也为溢流堰性质的结构，平时有源源不断的水供农田灌溉。

汉代已出现了用块石砌筑的石质水门。南阳六门堨在西汉末年修有“六石门”，即六座石质闸门，可放水灌溉。钳卢陂也建有六座石闸，“以节水势”（《元和郡县志》卷二一）。石砌水门较能耐水流冲击，使用的时间较久，而且可以设置闸板，根据需要启闭闸门，控制放水量的多少。上文所述 1964 年陕西汉中出土的东汉陂池稻田模型，陂与农田横隔着一座坝，坝体中部设有闸槽的闸墩，并安置着闸门，从闸槽、出水口的结构看，这是一扇提升式平板闸门。东汉时建的绍兴鉴湖，《水经注・渐江水》称：“沿湖开水门六十九所”。据后代记载有斗门、堰、闸、阴沟四



种设施。斗门规模最大，斗门和闸都有闸门控制；堰不设闸门，堰顶比堤顶低，湖水位超过堰顶时则溢流；阴沟即放水涵管，型制最小，埋于堤中，也有启闭设备。

南朝时期浙东一带水利工程设置水闸已很普遍。与鉴湖的布置相类似的水利工程，有刘宋大明年间会稽太守孔灵符在上虞县境兴建的工程。据《水经注·渐江水》记载：上虞县东有上塘、阳中二里，在上虞江（曹娥江）之南，常有水患发生，孔灵符在峰山前湖筑埭（堤），控制山溪来水，以免湖水泛溢，埭下开沟，引湖水南流入江，又在入江口建两座水楗（水闸），江水低时开闸排水，江水高时闭闸防江水倒灌。

古代早期在修建水门时还注意基础的处理，往地基下打入木桩，以增加基础的承载力，不致产生很大的沉陷或不均匀沉陷，危及水门的安全。如芍陂、鉴湖都发现了东汉时打入堰闸基础的木桩。这一技术以后在水利工程中广泛地得到应用。

溢洪道也是陂塘必要的设施。这是为了避免洪水来临时水位过高，水流从坝顶漫溢造成堤坝冲毁，而设置溢洪道可及时把洪水排出陂塘之外。

古代所建的陂塘挡水石坝，往往兼有泄洪的任务。如汉代南阳所建的六门陂和钳卢陂，陂堤上皆砌有石坝，用以泄洪。因水流从坝面溢流，故坝体得讲究砌筑技术，必须具有相当的稳定性和耐冲性，如汉代建于湍水上的楚堨，“高下相承八重”（《水经注·湍水》），应是砌筑八重厚的石坝。另外，建造石坝的长度要选择合适，这关系到坝体的单宽流量和流速大小。坝体长，单宽流量小，对坝面的冲击力亦小，但筑坝工程量大；坝体短，单宽流量大，对坝面的冲击力亦大，但筑坝工程量小。古代多采用“长坝线设计法”，这是受当时筑坝材料的限制，故有意将溢流段石坝筑得长一些，以确保坝体的安全。如汉代修筑于湍水上的六门陂，“断湍水，立穰西石堨”（《水经注·湍水》），石坝应与河宽相同，整个坝都可以溢流。

陂塘的堤岸修筑成土坝，一般需要另开溢洪道，成为河岸式溢洪道。山谷水库的溢洪道，古代已认识到利用坝址附近的山凹口来泄洪，这样布置节省了工程量。如春秋末绍兴建的吴塘，塘东侧有一自然山岙，岙底高程海拔 17.2 米（当时塘堤顶高程 20 米左右），至今裸露岩石上的水道痕迹仍依稀可辨，显系溢洪道的合理位置（《历史地理》第八辑第 36 页）。如坝址附近无合适的山凹，就在坝的近旁选高程合适的缓坡开挖溢洪道。如古代南阳的马仁陂，主河槽近左岸，斗门及溢洪道布置在坝右侧，是灌溉和泄洪主道，为矩形，有闸控制，浆砌条石结构，叠梁式闸门。西头岗坡处还有一道副溢洪道，当水位上升超过该处地面时，可自由泄洪，补充了斗门泄水的不足。不论从斗门或坝右端泄出来的水，均汇集一处，水小时入干渠，水大时可从泄水堰自由溢入比河[80]。

平原水库的溢洪，古代一般开有水门，水门与河流相通，水大时打开水门使洪水泄入河流。规模大的水库设有多座泄洪水门，以及时排洪。如芍陂、鉴湖泄洪水门就有多座。小型陂塘，放水闸门（或放水管）兼有灌溉和排水作用。

从上可见，不少陂塘的水门、涵管及溢洪设施皆能因地制宜巧妙布置，体现了古代人民高超的技术水平。



参考文献

〔1〕《水经注》卷三二《肥水》。

〔2〕《晋书》卷九二《伏滔传》。

〔3〕樊珣：《绛岩湖记》，《全唐文》卷四五五。

〔4〕《青川县出土秦更修田律木牍——四川青川县战国墓发掘简报》，《文物》1982年第1期。

〔5〕《汉书》卷二九《沟洫志》。

〔6〕参见赵文林、谢淑君：《中国人口史》，人民出版社，1984年。

〔7〕秦中行：《记汉中出土的汉代陂池模型》，《文物》1976年第3期。

〔8〕郭清华：《浅谈陕西勉县出土的汉代塘库陂池水田模型》，《农业考古》1983年第1期。

〔9〕《后汉书》卷三一《杜诗传》。

〔10〕对“穛”有不同的解释。《广韵》释“穛”：“音捉，稻下种麦。”本文解释据游修龄：《稻作史论集》，中国农业科技出版社，1993年，第172～176页。

〔11〕《水经注》卷三〇《淮水》引《十三州志》。

〔12〕又《隋书·地理志》在汝南郡汝阳县（今河南汝南县）下注“有鸿郄陂”。杜佑《通典·州郡七》在汝阳县下注“鸿隙陂在县东”。《元和郡县志》卷七称“鸿郄陂在（汝阳）县东十里”。据此则鸿隙陂在今汝河与洪河之间。本文所述从《水经注·淮水》。

〔13〕《汉书》卷八四《翟方进传》。

〔14〕据《后汉书》卷一五《邓晨传》，邓晨在建武十三年（公元37年）为汝南太守，十八年（公元42年）之后修复鸿隙陂，二十五年卒。

〔15〕《后汉书》卷八二上《许杨传》。

〔16〕《后汉书》卷一五《邓晨传》。鸿隙陂堙废的时间大约在唐代后期，《元和郡县志》卷九首次出现“鸿隙陂……今废”的记载。

〔17〕《后汉书》卷七六《王景传》。有人认为芍陂应属寿县，在九江郡，怀疑《后汉书·王景传》所载不确。但《汉书·地理志》“九江郡”条不记芍陂事，而在庐江郡、六安国六县条记有芍陂。芍陂在西汉时属六安国，六安国于东汉建武十三年（公元37年）省去，并入庐江郡。李贤注《后汉书·王景传》称：“（芍）陂在寿州安丰县东。”又据北宋《舆地广记》称：“安丰县……东汉属庐江郡……有芍陂，楚相孙叔敖所造。”故东汉时芍陂在庐江郡安丰县境内，而不属九江郡寿春县（今寿县）。

〔18〕顾炎武《天下郡国利病书》卷二六《江南十四》。

〔19〕《三国志》卷七《魏书·吕布传附陈登传注》。

〔20〕咸淳《临安志》卷三四《山川十三》。

〔21〕资料来源可参见陈文华：《中国农业考古图录》，江西科技出版社，1994年，第396～397页。

〔22〕刘志远：《考古材料所见汉代的四川农业》及附图一〇，《文物》，1979年，第12期。

〔23〕参见肖明华：《陂池水田模型与东汉时期云南的农业》，《云南社会科学》1993年第4期。

〔24〕《三国志》卷四七《吴书·孙权传》。

〔25〕谭其骧：《晋永嘉丧乱后之民族迁徙》，《燕京学报》第15期。王仲荦：《魏晋南北朝史》上册，上海人民出版社，1979年，第245页。

〔26〕《三国志》卷九《魏书·夏侯惇传》。



〔27〕《三国志》卷五四《吴书·吕蒙传》。

〔28〕《晋书》卷四二《王浑传》。

〔29〕《太平寰宇记》卷一二五舒州怀宁县。

〔30〕《三国志》卷一五《魏书·贾逵传》。

〔31〕《晋书》卷二六《食货志》。开始屯田的年份据《三国志》卷二八《魏书·邓艾传》。

〔32〕邓艾修筑白水坡，因正史未载，又因《元和郡县志》淮南道的楚州卷帙缺，后人多有怀疑。但唐·杜佑《通典》卷一八一《楚州淮阴郡·安宜县》条有："汉平安县地。魏邓艾筑石鳖城，在今县西八十里，以营田也。"汉平安县，南朝齐安宜县，唐宝应元年改名宝应县。又南宋《舆地纪胜》卷三九载："白水陂，《元和郡县志》：在宝应县八十里，邓艾所立。"则邓艾修石鳖城，筑白水陂，二者当即一处，皆为了屯田，文献记载是一致的。

〔33〕《三国志》卷五二《吴志·诸葛瑾传》注引《吴书》。

〔34〕《南齐书》卷四。《萧子良传》。

〔35〕清·刘著：《赤山湖水利说》，乾隆《句容县志》卷一〇《艺文志》。

〔36〕《元和郡县志》卷二五《江南道·润州丹阳县》。

〔37〕《全上古三代秦汉三国六朝文》卷一〇三《全晋文》陆云《答车茂安书》："遏长川以为陂，燔茂草以为田，火耕水种，不烦人力。"

〔38〕《晋书》卷七八《孔愉传》。

〔39〕《后汉书·郡国志》九江郡当涂下刘昭注引《皇览》云："楚大夫子思冢在县（当涂）东山乡西，去县四十里，子思造芍陂。"子思此人不见于其他史籍记载，可能是继孙叔敖之后，维修芍陂的人。

〔40〕《后汉书》卷七六《王景传》唐代李贤注。

〔41〕《资治通鉴》卷七四《魏纪》引《华夷对境图》：孙叔敖"开沟引淠水为子午渠，开六门灌田万顷"。

〔42〕以上三水源的流经、长度、集水面积参见安徽省水利志编纂委员会编：《安丰塘志》，黄山书社，1995 年。

〔43〕殷涤非：《安徽省寿县安丰塘发现汉代闸坝工程遗址》，《文物》1960 年第 1 期。

〔44〕晋·伏滔：《正淮论》，载《晋书》卷九十二《伏滔传》。

〔45〕如《后汉书·王景传》载："明年（建初八年，公元 83 年）迁庐江太守。先是百姓不知牛耕，致地力有余，而食常不足。郡界有楚相孙叔敖所起芍陂稻田，景乃驱率吏民，修起芜废，教用犁耕。"

〔46〕详见孙安江：《鉴湖名称考论》，载《鉴湖与绍兴水利》，中国书店，1991 年。

〔47〕陈桥驿：《绍兴水利史概论》，载《鉴湖与绍兴水利》，中国书店，1991 年。

〔48〕明·徐渭：《水利考》，载万历《绍兴府志·艺文志》；清·宗源瀚：《浙江省全省舆图并水陆道里记》等。参见陈桥驿：《古代鉴湖兴废与山会平原农田水利》，《地理学报》1962 年第 3 期。

〔49〕三国·谢承《会稽先贤传》，载《会稽郡故书杂集》辑本，《鲁迅全集》卷八。

〔50〕《通典·州郡十二》、《太平御览》卷六六。

〔51〕《元丰类稿》卷一三。

〔52〕盛鸿郎、邱志荣：《古鉴湖新证》，载《鉴湖与绍兴水利》，中国书店，1991 年。

〔53〕嘉泰《会稽志》卷一三"镜湖"。

〔54〕嘉泰《会稽志》卷一"城廓"。

〔55〕《越州图经志》，载《永乐大典》卷二二六七"镜湖"。

〔56〕详见张芳：《鉴湖的兴废及有关废湖复湖的议论》，载《鉴湖与绍兴水利》，中国书



店，1991 年。

〔57〕《通典》卷一八二引。北宋《太平寰宇记》卷九六引文同。嘉泰《会稽志·镜湖》引《旧经》云：“湖水高平畴丈许，筑塘以防之，开而泄之。平畴又高海丈许。田若少水，则闭海而泄湖水，足而止。若苦水多，则闭湖而泄田水，适而止。故山阴界内比畔接疆，无荒废之田，无水旱之岁。”意思基本一致。

〔58〕《宋书》卷五四《孔灵符传》沈约按语。

〔59〕宋·庄季裕：《鸡肋编》卷中，文中“宣和中”应为“政和中”。

〔60〕《宋会要辑稿》食货八之七。又《读史方舆纪要》卷九二，嘉庆《重修大清一统志》卷二九四作淳熙二年，可能有误。因此诏令是同意绍兴知府赵令䛕的请求颁的。据嘉泰《会稽志》卷二，赵令䛕乾道元年二月知越州，二年七月引疾乞祠以为。

〔61〕肖明华：《陂池水田模型与东汉时期云南的农业》，《云南社会科学》1993 年第 4 期。

〔62〕《元和郡县志》卷二一《山南道二·邓州临湍县》。

〔63〕《水经注》卷二九《湍水》。

〔64〕贵州省博物馆考古组：《贵州兴义、兴仁汉墓》，《文物》1979 年第 5 期。

〔65〕参见张芳：《丹阳练湖》，《水利史志专刊》1993 年第 4 期。

〔66〕赵书法等：《泌阳古代水利工程——马仁陂》，《中国水利》1983 年第 5 期。马仁陂改建后更名为华山水库，其主坝长 1121 米，高 18 米，可拦截上游五条河流来水，控制流域面积 76 平方公里，按五千年一遇校核水位 183.22 米，相应库容 8350 万立方米，设计灌溉面积为 5.7 万亩。

〔67〕《读史方舆纪要》卷二三《江南扬州府江都县》。

〔68〕清·刘基：《赤山湖水利说》，乾隆《句容县志》卷一〇《艺文志》。

〔69〕王增荣等：《赤山湖今昔》，《江苏水利史志资料选辑》1986 年第 1 期。

〔70〕郑獬：《郧溪集》卷一五《襄州宜城县木渠记》。

〔71〕《淮南子·人间训》载：“孙叔敖决期思之水，而灌雩娄之野，庄王知其可以为令尹也。”经研究：“决期思之水”，建成期思陂，在今固始西北的期思集；雩娄地在今固始县东南，雩娄灌区引史河水，为另一工程。因期思比雩娄地势低数十米，两地之间相隔灌河、白露河数条河流和分水岭，所以期思之水不能灌雩娄之野。

〔72〕《水经注》卷三一《淯水》。

〔73〕南阳地区水利局：《从六门陂、钳卢陂的兴衰探讨怎样办好南阳水利》（油印稿）。

〔74〕徐海亮：《六门堨钳卢陂灌溉水利工程的规划及其在明代的兴废》，《长江水利史论文集》，河海大学出版社，1990 年。

〔75〕后代地方志，如嘉庆《南阳府志》卷二《陂堰》称钳卢陂“灌田万顷”。

〔76〕《晋书》卷二六《食货志》。

〔77〕《中国农业百科全书·水利卷上》，农业出版社，1987 年，第 205 页。

〔78〕陈鹏儿等：《春秋绍兴的地理环境与水利建设》，《历史地理》第八辑。

〔79〕秦中行：《汉中出土的汉代陂池模型》，《文物》1976 年第 3 期。

〔80〕赵书法等：《泌阳古代水利工程——马仁陂》，《中国水利》1983 年第 5 期。



第三章
凿井和灌溉机具

春秋战国时期，社会生产力大为发展，因生产和生活的需要，凿井数量大增，一些地区出现了密集的水井群。到秦汉时期，由于大一统帝国的建立，开凿水井已从内地向西北和西南等边疆地区发展。中原地区的园圃中最先采用和发展井灌，这与人们生活的提高，城市的大量增多，商品经济的迅速发展，园圃种植业采用较大规模经营等因素有关。北魏时已有在菜园地布置井群的记载。由于农业生产和农业技术的进步，汉代以后大田中也注意利用井水灌溉。这些都促进了凿井技术的进步。表现在凿井技术广为普及，深井数量增多，水井类型除原有的木构井、土井、竹圈井等外，战国时产生了陶圈井，汉代又出现了砖井。因此，井的结构呈现多样，设置灵巧，井壁更加牢固，还普遍修建井栏井亭，以便于架装汲水机械，井水也更加清莹洁净。

这一阶段灌溉机具从无到有，成就显著。为了提高汲水功效，节省人力，发明制造了多样提水机具，以提取井水和河湖水。春秋时已采用桔槔提取井水，秦汉时在深井架设辘轳提水。东汉时创制了翻车、渴乌用于提取河湖水。这些灌溉机具都成为后代灌溉的通用工具。

第一节 井灌的发展和凿井技术的进步

如果说商周之际利用井水灌溉农田还处于传说和推测阶段的话，那么，当社会进入春秋战国时期，井灌就有了明确的记载，此时考古发现的水井不再是零星的，在一些地区出现了水井群遗址，汉代时凿井灌溉在园圃中已经普遍。北魏时出现了田间井群布置的记载，开始讲究井水灌溉农作物的技术。从春秋到北朝，凿井技术取得了许多进步，明显的是出现了陶圈井和砖井等，水井构筑得更加牢固。

一、社会的发展与井灌及凿井技术

春秋战国时期，由于农业的发展，园圃业基本已与大田农业分离，成为独立的一项农作业。菜蔬一般种在住宅附近，住宅区多打有水井，人们经营菜蔬比经营大田更加精细。因此，在经济发展的中原园圃地中最先采用井水灌溉，井灌与凿井技术也随之发展。

春秋战国以后，城市迅速增加，这些城市一般都是政治、经济都会。如《汉书·地理志》记载："蓟，南通齐、赵、勃、碣之间一都会也。"蓟，春秋战国时燕国的都城，在今北京市西南。"江陵，故郢都，西通巫巴，东有云梦之饶，亦一都会也。"郢都，是楚国的都城，经济也较繁荣。这一时期，以华北平原的城市分布最为密集，西汉的郡一级治所有39个，其中32个是先秦时期的城市或聚邑；东汉的郡一级治所有39个，其中30个为先秦时期的城市或聚邑[1]。关中平原也分布有许多城市。这些城市中人口集中，人口达数万至数十万之多。这些众多的人口首



先要解决生活用水的问题，北方河流不多，因此凿井取水就成为简便易行的办法，而且井水清冽，适于人们饮用。另外，城市也是手工业生产作坊集中之地，生产用水除利用地上水外，还开发利用地下水，凿井是常用的一种开发办法。因此，古代城市中水井往往密集分布。

城市既是政治、经济都会，也是消费中心，需要供应大量的粮食和蔬菜。粮食作物有一定的耐旱性，而蔬菜耐旱程度就差，需要勤浇水。春秋战国时期随着铁工具的普遍运用，社会生产力的进步，园圃中往往打井，利用地下水浇灌韭等蔬菜。秦汉之时种植蔬菜形成规模经营。《史记》卷一二九《货殖列传》提到种植“千畦姜韭”之人，其富裕程度“皆与千户侯”等，这时井灌必定更加发展。东汉王充在《论衡·自然篇》中说：“汲井决陂，灌溉园田。”说明汉代园圃中井灌已经普遍。北魏《齐民要术》中则具体记载了利用井水浇灌蔬菜的方法，所载种植蔬菜的面积较大，其所种蔬菜是为了供应城市，从事的是商品性农业生产，属于地主庄园的经营。由于经营规模较大，故讲究合理地布置井群，井灌技术也有进步。

春秋战国至南北朝时期，社会生产力大为提高，农业科学技术取得显著进步，在北方逐渐形成了抗旱保墒的农业耕作栽培技术体系，产生了“区田法”等抗旱耕作栽培方法。区田法的技术要点是作区深耕，集中施肥和灌溉。北方农作物生长期间往往缺雨，旱灾频繁。据汉《氾胜之书》记载，区田法的水源多取自井水，灌溉时集中浇水到每一区，既能抗旱，又能省水，成为有效的抗旱方法。这时井灌已应用到大田作物，这就促进了凿井的发展。

这一时期，制陶业、制砖业等手工业也有不少提高，能为凿井制造更加坚固的衬砌材料，因此推动了凿井技术的进步。

此外，大一统封建帝国的建立，民族间的流徙和融合，加强了内地与边疆的技术交流，因此，凿井技术也由黄河、长江流域向全国各地推广，还传播到了西北新疆等地。

二、井灌的发展和井群布置

传说我国利用井水灌溉始于商代。历史进入春秋时代，井灌有了明确的记载。《吕氏春秋·察传》载：“宋之丁氏，家无井而出溉汲，常一人居外。及其家穿井，告人曰：‘吾穿井得一人。’……闻之于宋君，宋君令人问之于丁氏。丁氏对曰：‘得一人之使，非得一人于井中也。’”意思是说在家中院落凿了一口井，可以就近“溉汲”，浇水方便，等于增加了一个劳动力。

又《庄子·外篇·天地》、《说苑·反质》皆讲到用桔槔提取井水，浇灌园圃之事，可知春秋时期在宋（国都在今河南商丘县城南）、晋（国都在今山西翼城县东南）、楚、卫（国都在今河南滑县东）、郑（国都在今河南新郑县）、鲁（国都在今山东曲阜县东北古城）等地已凿井灌溉园圃，并开始利用桔槔灌溉。

战国时期凿井普遍增多。从发掘的古井遗址来看，如20世纪70年代在湖北江陵楚故都纪南城遗址，发现分布广、数量众多的古井，几乎凡有夯土台基之处皆有古井，已发现400余口井。在城的东西中轴线靠东一段，沿原古河道（今龙桥河）两岸水井十分稠密，在长约75米、宽15米的渠道范围内就发现古井19座。井的种类亦繁，依井圈的质料可分为：陶圈井、木圈井、上陶下竹或柳条井圈之井，还



有无井圈的土井。古井均圆形，直径70厘米至1米左右，深7米上下[2]。遗址的年代相当于春秋晚期至战国早期。又如1956年、1965年在北京市西南的古蓟城遗址，先后发掘陶井151座和65座，总数为216座，其中属战国时期的72座，属西汉时期的144座。水井分布相当稠密，最密处六平方米的范围内水井达四座之多[3]。再如河北石家庄市市庄村战国遗址，发掘出一座瓦井，共有三段瓦井圈[4]。

秦代水井在咸阳长陵车站发现81口，属陶圈井和瓦井[5]。

汉代凿井更加普遍，从北方的辽宁辽阳和沈阳、内蒙古磴口、宁夏吴忠和固原，到南方的广东广州、广西平乐和贵县；从东海之畔，到甘肃嘉峪关都出土有汉代的古井或井模型及有井的壁画。凿井技术还传播到西北新疆等地。①

汉代园圃中利用井水灌溉已经较为广泛。1981年在河南淮阳大连乡堌堆李村西汉前期墓葬中出土了一件陶院落模型。在其侧院的园地上布置有一眼水井，井与渠道相连，支渠两边为菜地，一畦一畦整齐排列成鱼骨状，渠道与畦之间留有水口，便于放水入畦。渠道的尾部地下有一洞，可以把多余的尾水回入地下。这眼井的灌溉体系完善，证实当时的井灌技术已经成熟[6]。此时期井水灌溉还应用到大田之中。《氾胜之书·麻》讲到种麻的技术时说："种麻……率九尺一树。……天旱，以流水浇之，树五升；无流水，曝井水，杀其寒气以浇之。"古代麻属于粮食作物，麻子是主食之一。汉代在地面水缺少的地方，已利用井水灌溉，并掌握了利用井水灌溉的方法，夏季井水温度低，要经日晒后再浇之。《氾胜之书》还讲到稻、麦、豆、瓜、芋等作物的灌溉问题，估计如地面水缺乏，也可能提取井水灌溉。书中对"区田法"列有专篇。区田法的技术措施强调多粪勤浇，"区种，天旱常溉之，一亩常收百斛"。天旱时河溪干涸，唯有"井养不穷"，因此区田法需要与凿井灌溉配合起来。但区田法因费工费力，推广的面积不是很大，加之一般农户缺乏打井的资金，北方抗旱多采用耕、耙、耢耕作栽培技术措施保墒，所以这一阶段大田井灌的面积还不是很大，只作为河渠灌溉的补充。

随着汉代在西北地区大力实行屯戍屯垦，井灌已由中原向西北地区推进。如汉代在居延屯田，除采用明渠工程从额济纳河引水浇灌作物外，在离河有一定距离的戈壁高原，则采用凿井灌溉。当时从布肯托尼至博罗松治的高原上设有卅井塞。卅井虽是候官及燧名，但必因其地开凿有三十口井，方始得名。开凿如此众多的井，除供给戍卒饮用外，主要应被用以灌溉。出土的居延简文中有明确谈到凿井灌溉之事的。如说"寘井用百卌七人凡"[7]。"寘"意同"置"，即凿井或管理井用了147人。又有简文说："第十三燧长贤，口井水五十步，深二丈五，立泉二尺五，上可治田，度给吏卒。"[8]简文说到井水或浇灌田地，井已交吏卒使用。还有一些地名与井有联系，如卅井候官下辖有"井东燧"，殄北候官下辖有"渠井燧"，肩水候官（驻地湾）下辖有"当井燧"，说明这些地方皆开凿有井，除生活用水外，还可

① 《史记·大宛列传》记载汉太初四年（公元前101年），贰师将军围大宛时"宛王城中无井，皆汲城外流水"，后来，大宛王城中"新得秦人，知穿井"。大宛在今费尔干纳，秦人是西北一带的中国人。《后汉书·耿恭传》记载：东汉永平十八年（公元75年），耿恭引兵据疏勒城（在今奇台县麻沟梁的石城子，不在今喀什）后为匈奴所围，并断绝城下涧水。耿恭于是在城中穿井得水，匈奴以为神明，遂离开。可知之前新疆并无水井，故匈奴人以为神奇。

浇灌作物。

井的出水量一般不大，要浇灌面积较大的农田，就需开挖数十、数百个井，形成井群。《齐民要术·种葵篇》记载："又冬种葵法：近州郡都邑有市之处，负郭良田三十亩……于中，逐长穿井十口（井必相当，邪角则妨地。地形狭长者，井必作一行，地形正方者，作两三行亦不嫌也）。""葵"是古代的一种主要蔬菜。《齐民要术》此处讲的是为供应城市所需而生产大批量葵菜，故要在城市郊外选择良田30亩。为了保证葵菜的生长，需要开凿十口井，用于灌溉。井与井之间的布置必须"相当"，即对直。"邪"即"斜"，如不对正，交错杂置，会妨碍耕作。地形狭长的，井对直布置成二三行。可见已能根据地形情况合理均匀地布置井眼，这样出水量均匀，布置渠道和浇水都方便，又不妨碍农田耕作。井的密度为三亩地一口井。当时种葵采用"畦种，水浇"，做成四周有土埂的低畦，"畦长两步，广一步"。如折算为今日的尺寸，即一畦约长3.6米，宽1.8米。采用的是小畦灌溉，"大则水难均，又不容人足入"。小畦灌溉灌水均匀，水量易控制，灌水量较省，采用这一节水技术在缺水的北方地区是很重要的，井灌往往与节水灌溉技术相配合。当时种植其他蔬菜也采用畦灌法，如种韭、蓼、兰香和苜蓿等，"治畦下水，一同葵法（《齐民要术》卷三）"。可见蔬菜生产多应用井灌。

三、凿井技术的进步

春秋战国时期我国的凿井技术和水井类型已日臻完善，除原有的一些水井类型外，又新产生了陶圈井。之后，秦汉时期又产生了用三块三分之一圆的陶壁板拼接成的陶圈井，用小砖砌筑的井也已出现，而且形态各异。之后，以土井和砖井为主要模式的井制，一直沿用到近代。

（一）土井

春秋至南北朝时期，土井仍然是开凿最多的一类井。

南方开挖的土井一般都为圆形井。如1975～1976年发掘的楚故都纪南城遗址，仅龙桥河西段新河道长约1 000米，宽60米的范围内，就发现土井71座[2]。发掘了四座，均为圆形竖穴，一般井口稍大，其中一座上部直径3米，下部直径1.7米，井壁比较光滑。因水位高未挖到底，故井深不清楚。汉代南方出土的井模型，以圆柱形为主，说明井为圆形竖穴。

北方的土井，据出土发现的井和井模型来看，战国时期以长方形、方形为多，到汉代则以圆形为主。北方自春秋以后打深达10米以上的井已很普遍，说明打井技术有了进步。

1960～1964年，在山西侯马铸铜遗址，发现春秋中期至战国早期土井38座。井口形状大多数呈长方形。井口上部比较整齐，一般长1.4～2.4米，宽0.8～1米。四壁垂直，壁面平整坚实。其中10个井的长壁上有对应的脚窝，上下间距一般在0.2～0.5米之间。多数井深在10米以上，最深的达15米[9]。

1955～1957年，陕西长安客省庄发现战国时期土井26座，所有的井都是长方形的。长度大多在1.6～1.8米之间，宽度大抵在1米左右，已清理的一些井深度在10米以上[10]。

到了汉代，井型则以圆形为主。如1956年在河南陕县刘家渠东汉墓发现井模



型24件，除少数几件为方形外，其余皆为圆筒形[11]。

（二）陶圈井

陶井圈（又称瓦井圈）是将泥质灰陶或夹砂灰陶，个别的用泥质红陶做成陶圈。陶圈的放置方法大致有两种：一种是先挖好土井，然后将陶圈在井中套叠起来，土井与井圈外壁之间用土或碎陶片及卵石填塞；另一种是一边挖井，一边沉砌陶圈，即采用陶圈沉井技术。这样在挖井时可以防止流沙塌陷，保证安全，便于加深井的深度，增加出水量。这种凿井方法，有了开挖、提升、下圈等分工，凿井技术有了很大的进步。在放置陶圈时还能根据不同的地质情况灵活处理。有的井自下而上全部放置陶圈，有些井只在井穴上半部放置陶圈，另一些井只在井穴下半部放置陶圈。

1975～1976年，在楚故都纪南城西段发现水井256座，其中陶圈井有176座，共发掘37座。该地区的土质，井坑的上半部容易塌方，下半部较牢固，故而井身上部设有陶圈，下部为土井。个别陶圈井的下部有竹、芦苇等编织物，起过滤和防淤的作用。陶井圈最下节的底部，设置木架，是承托和固定陶井圈的设施。木架的设置形状有“=”形、“+”和“#”形三种。是用二至四根木条平放而成，没有榫合关系，每根木头都插入井坑的土壁内。陶井圈以细砂灰陶为主，也有一些夹砂红陶，均为手制。形制基本一致，大小厚薄和纹饰都大致相同。井圈直径80厘米、高80厘米、上下口沿厚3厘米、中壁厚1.5厘米[12]。

1979年纪南城遗址又发现陶井15座，发掘了4座。这批古井位于龙桥河西段的东部南岸一侧。4座古井中J_{82}和J_{84}的结构相同，上部为陶井圈，下部为竹井圈。J_{89}与J_{90}的结构相同，上下统为陶井圈。在井圈的外壁有一圈灰黑土，土质极松软，当为垫土。陶井圈距土圹边3厘米左右；竹井圈周围厚10～15厘米左右。陶井圈均圆形，计有三种：第一种是纪南城最常见的直壁井圈，高78厘米左右，直径80厘米左右，内壁一般为素面，有泥条盘筑的痕迹。少数有菱形压印纹。第二种在中部有两个相对的圆孔，孔径一般在5厘米左右，其他均同第一种。以上两种井圈多用于井的中、上部，又往往是第一种在上，第二种在下。第三种为斜壁井圈，上径69厘米、下径71厘米、高71厘米，较矮，上部有两圈宽带附加堆纹，堆纹表面又饰有成组的交织绳纹。在附加堆纹附近残存三个圆孔，孔径一般在5～5.5厘米左右。这种井圈仅发现一件，系J_{89}内出土的残片拼对而成，估计为该井上部所用，破碎后落入下部。这三种陶井圈壁两端稍厚，一般上下接头处厚2～2.5厘米，中腰厚1～1.5厘米[13]。见下页图2-3-1-1、图2-3-1-2。

1956年在北京市西南会城门直至宣武门豁口一带，发现了151座陶井，其中战国的36座、汉代的115座。战国陶井圈每节高27～54.5厘米、直径63.5～60.5厘米，外壁印席纹和绳纹，内壁一般是素面，个别的也印有席纹和绳纹。有一口井保留陶井圈最多有11节。见本书第150页图2-3-1-3。汉代陶井圈的结构与战国时期相同，只是矮些，口径大些。每节高20.5～38.5厘米、直径68～91厘米。有一口井最多保留了16节陶井圈[3]。

1965年在北京市宣武门至和平门一带发现了65座陶井，水井的年代为东周到西汉初期。根据陶井的结构、陶质、陶圈的纹饰和井底遗存的陶罐等遗物，以及陶



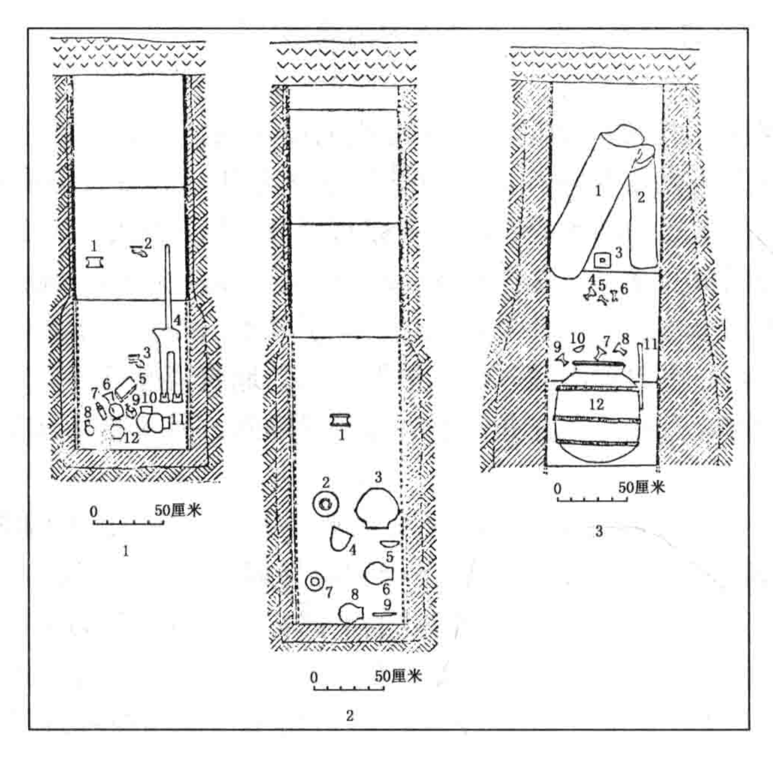


图 2－3－1－1　楚都纪南城水井剖面图

（采自《文物》1980 年第 10 期）

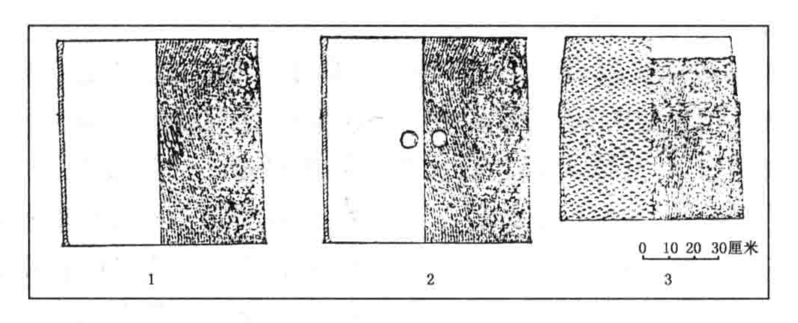


图 2－3－1－2　楚都纪南城陶井圈

（采自《文物》1980 年第 10 期）

井的套叠关系，有关部门将其分为四类。Ⅰ类陶井圈呈高筒形，圈壁垂直，上下均为平口，口部稍厚。陶质大部分是泥质灰陶和砂质灰陶，个别的也有泥质红陶，火候较高，陶质坚硬，大部分呈灰色或青灰色。圈径一般为 70 厘米左右，最小的为 64 厘米，最大的有 81 厘米，圈高为 51～57 厘米，壁厚 1～1.2 厘米。这类井有 20 座。Ⅱ类陶井的井圈呈矮筒形，圈壁比Ⅰ类井薄，圈身中部微向外鼓，口沿稍宽。都是泥质灰陶，陶土有的经过淘洗，火候一般较低，胎壁多松软，呈灰白色，圈径一般为 76～78 厘米，圈高为 37 厘米左右，壁厚 1 厘米左右。这类井共有 13 座。Ⅲ类陶井呈圆圈形，圈外壁垂直。胎壁内留有麦秸、谷壳形式的空隙，可看出陶土内羼合有少量的麦秸和谷壳。胎壁松软，由于氧化关系，在胎壁表面约 2 毫米厚呈米灰色或灰白色，胎壁内为炭黑色。圈径为 82～92 厘米，圈高为 34～36 厘米，圈壁中部薄、口部较厚，一般口部厚为 3 厘米，中部厚为 1.5～2 厘米。这类井共有 3 座。Ⅳ类陶井，与Ⅲ类陶井基本相同，圈径一般为 80～90 厘米，高为 25 厘米，比Ⅲ类矮。Ⅳ类陶井共有 29 座。其中有 4 座井用的是三块合成的瓦圈，圈径为



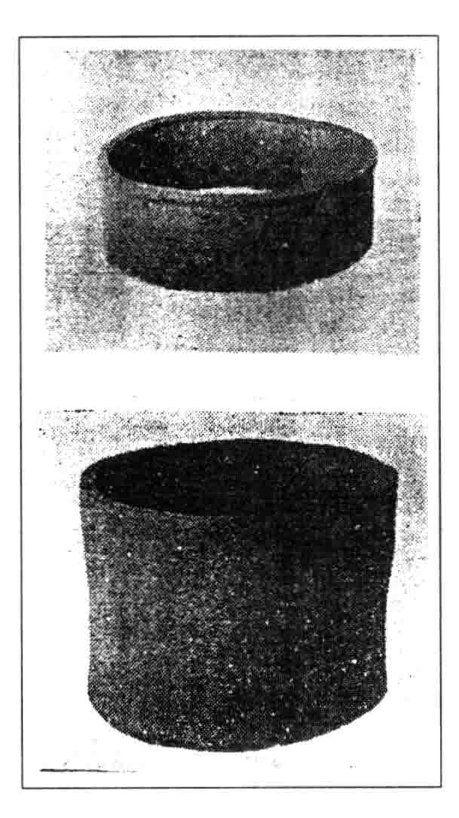


图 2－3－1－3　北京西郊战国陶井圈
（采自《文物》1972 年第 2 期）

92～99厘米，圈高为 48～64 厘米，壁厚为 3.4～4 厘米[3]。

这些陶井的形式并不是孤立地出于一处。Ⅰ类井的形式与河北易县燕下都所出东周井相同[14]。Ⅱ类井与河北邢台曹演庄在战国遗址中所出井圈相同[15]。Ⅳ类井与辽阳三道壕西汉村落遗址所出陶管井相同[16]。

1981～1982 年在咸阳长陵车站发现秦代水井 81 口[5]。均作圆形竖穴，可分为陶圈井、瓦井、上瓦下陶圈井三类：（1）陶圈井：又分通体单圈和上单圈下双圈两种。单圈井共 48 口，口径 0.26～0.68 米不等，J_{14}井共九节，圈径 88 厘米，节高 35 厘米，见图 2－3－1－4。上单圈下双圈井三口，J_{63}井有陶圈五节，由上至下三节为单圈，四至五节为双圈。内外圈装接时上下错开，内圈底高出外圈底 7 厘米，圈径分别为 0.64～0.81 米、节高 0.34～0.36 米，井深 1.66 米。（2）瓦井：3 口，井体用绳纹板瓦和少量陶圈、砖、陶器残片垒筑。J_{51}井作圆形，井口直径 1.40 米、井深 1.10 米，井框直径 2.10 米。（3）上瓦下陶圈井：15 口，井身通体分别用瓦或陶圈构筑。或上筒瓦、下陶圈；或上板瓦、下陶圈；或上板瓦、中单圈、下双圈。见下页图 2－3－1－5 和图2－3－1－6。

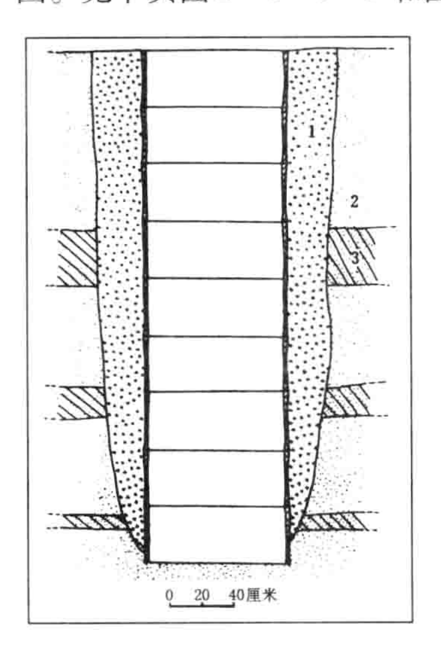


图 2－3－1－4　咸阳长陵秦代遗址水井图（J14）
1. 井圈外填土　2. 沙　3. 沙土

在成都新西门外没底河区也曾发现汉代古井群，排列较稠密。井的结构有单圈陶井和双圈陶井，双圈形的两层间约六七厘米填以卵石和泥土。[17]

安徽寿县发现的西汉前期的陶圈井 7 口，井是由 14 层陶井圈层层叠接起来，每圈高 40 厘米、口径 80 厘米、壁厚 1.5～2 厘米，井深约 7 米。陶井圈外围与生土之间 11 厘米间的空隙处填以沙土，陶井圈的特点是上下口沿均有五道凹槽，使圈与圈之间接缝紧密吻合，以防泥沙渗入井内。[18]

1989 年在苏州市平门外北郊 50 平方米范围内，共发现大小水井 11 口，这些水井的年代为汉代，经清理到底的有 7 口，4 口为土井，余为陶制圈井[19]。陶圈均为泥质灰陶，扁圆形，规格有直径 68 厘米和 76 厘米、高 18 厘米和 22 厘米、厚 3 厘米和 4 厘米两种。每节陶圈器壁中部各有两个相对的小圆孔，这种小圆孔大概是有利蓄聚圈外的水源。清理时并发



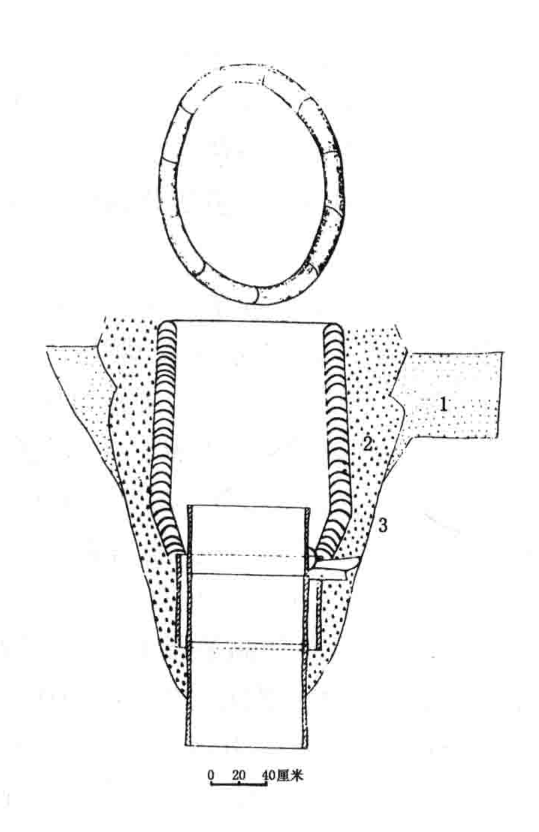


图2－3－1－5　咸阳长陵秦代遗址水井图（J_{50}）

1. 沙土　2. 胶泥　3. 沙

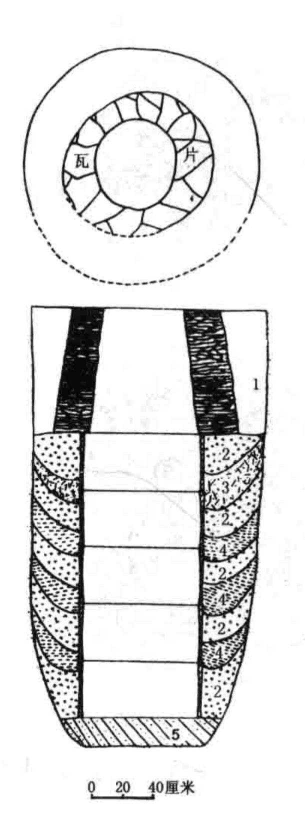


图2－3－1－6　咸阳长陵秦代遗址水井图（J_{59}）

1. 褐红土　2. 乱沙　3. 黄褐土
4. 土层　5. 反滤粗沙层

现，凡陶圈小圆孔处或井壁有空隙的地方，都填有绳纹等板瓦片，以防止陶圈移位或井壁松塌。

陶井的建造过程是先挖一直径大于井圈的土井，然后将井圈在土井中套叠起来砌成筒状，土井与井圈外壁之间用土或碎陶片填塞。当土井下及流沙层，挖除流沙效果不大时，可能采取将井圈先放下，然后在井圈内部挖沙，使井圈逐步下降，以达一定深度的水层。近代修建桥墩使用的沉井法，与这种造井原理是相似的。

（三）竹圈井

竹圈井早在崧泽文化晚期的汤庙遗址就有发现，但数量少，因竹、苇已腐败，具体结构不大清楚。而1975～1976年在纪南城龙桥河西段发现战国时期竹圈井5座，结构较清楚。另外竹圈除单独使用外，还与陶圈、木筒式水井配合使用，在技术上又有进步。

纪南城的5座竹圈井已全部发掘。竹圈井是在紧贴井壁上，用竹子和柳条等编织成圆筒形井圈的井。其顺序是大概先把水井坑挖好，然后在井底沿井壁周围树立10～12股较硬的竹子和柳条，每股5～7根作为编织的经，再用较柔软的竹子和柳条作纬，自下向上围绕编织而成。如河工J_{69}井，竹圈直径85厘米、厚3～6厘米、残高70厘米。[12]



（四）砖井

汉代出现了砖井，井壁的衬砌多用砖砌，这样井壁更加坚固，井水过滤得更加清洁。井口逐渐向小口径发展，口小易加盖，井上普遍建井栏，井台上有井亭，既安全又卫生。

新中国成立后，在洛阳发现了汉代河南县城遗址，发掘出一东汉水井，相当深，淘掘到8米尚未见底，如要到达地下水水位面，估计井深约20米。井口六角形，直径0.55米，用砖砌成。口下砌平卧砖六层，再下砌侧卧砖八层，再下砌平卧砖八层，再下砌顶头侧卧砖一周，其砌砖约高3米，至此直径扩充到1.1米，以下即为深土壁，不再用砖。唯土壁西半侧尚有一小缺口，先用砖填补，再进行顶头侧卧砖环砌。井口壁砖皆用斗角砌法，严密而牢固。出土时井口压有井盖，并有穿凿方形孔的压辘轳轴的柱石。井口两侧还遗存灌溉用的砖砌的水道[20]。

1951年在河南省泌阳县板桥村发现了东汉晚期或六朝时期的11座水井[21]。由于井筒较深，发掘到底的只有一座。井皆为小砖所券，就砌砖的结构来看，可以分为以下几种：

（1）弧形子母榫砖券井。共发现三座，清理到底的只一座（#1）。其结构是每层用八个弧形子母榫砖作横立排列券成，井口呈圆形，井口外径0.9米，内径0.8米。砖为横弧形，竖剖面为凹楔形，砖长0.32米、宽0.17米、厚0.05米。砖的一头带有竖的半圆形凹槽的母榫，另一头带有和母榫等宽等长的凸出子榫。这个井的砖皆为红色，另两个井的砖为灰色。券筑时每层8个子母砖的子母口正相吻合，而上下层的砖皆错缝。这个井从发掘的一层算起至底共为52层，通深8.9米，共需砖416块。井的底部作圜底，全是坚硬的青色土，看来好似经过夯打。井壁砖是放在圆底周围留出的一周窄平面上。就砖筒的外壁和挖的土洞壁的距离来看，几乎没有很大的距离，因之说当时挖土洞时是有一定计划的。

（2）弧形砖券井。这类井共发现三座，都未清理到底。#3发现时在井的口部覆盖有一个特别的瓦井口。井口距地表0.95米，砖的形状和第一种的弧形砖相同，唯没有子母榫而已。砖长0.28米、宽0.16米、厚0.04米。砖的券法是8个弧形砖横置相接券成一圆筒状，凡两层相连的砖缝都错开。

（3）竖立子母砖井。这类井发现一座（#2）。井口呈圆形，直径约1米。未清理到底，深度不详。井砖是楔形子母砖。砖长约0.4米、宽0.16米、窄面厚约0.05米、宽面厚约0.07米。砖的两横头有相错的子母榫。券筑时每层共用砖36块，竖立薄面向里券成，正好合成一个圆圈。凡上下两层的砖与砖相应，两砖子母口正相吻合。清理时子榫皆向上，母榫皆向下，这可能是由于最下层为了在井底放稳所致。

（4）五角砖井。这类井只发现一座（#6）。其结构是每层用10个完整的砖，每两块半放重叠作成五角形，在每角之间用一个半截砖作横立相夹，下一层仍是同样券法，但下一层的平砖和上一层的横立砖相应。另外也发现一个每层8块砖圈成的八角井（#4）。见下页图2-3-1-7。

此外，在井的附近还发现了两条下水道，是用圆筒形的筒瓦子母榫相套接筑成，每条皆长11米多，可能与井有关，用作灌溉输水道。



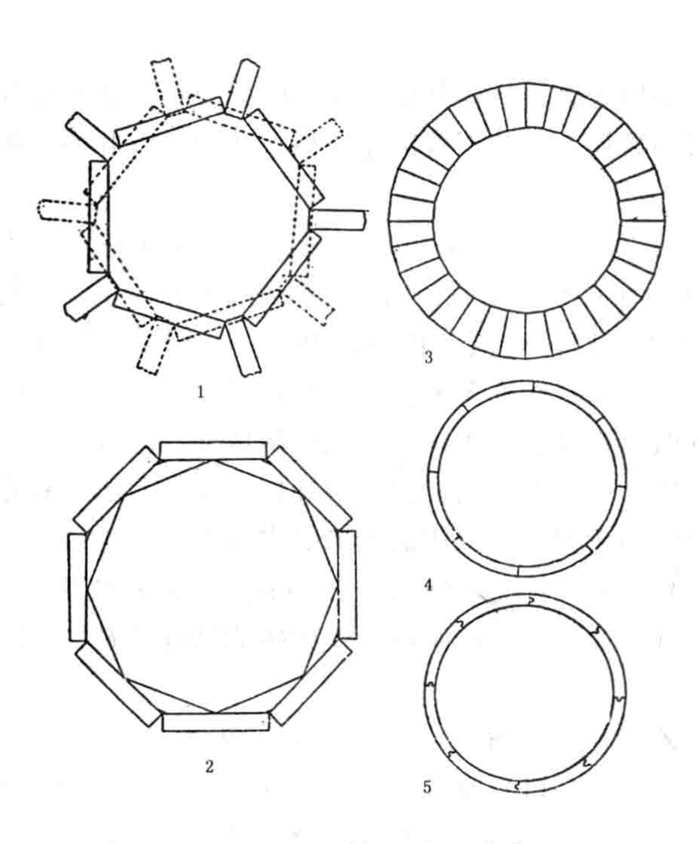


图 2－3－1－7　河南泌阳板桥古砖井圈

（《考古学报》1958 年第四期）

1. 五角形砖井（#6）　2. 八角形砖井（#4）　3. 楔形砖井（#2）
4. 弧形砖井（#3）　5. 弧形子母砖井（#1）

从以上可以看出，春秋战国至南北朝时期凿井技术有了很大进步。一是打井数量多，不少地方出现了数十、数百的井群。水井从仅供人们生活用水、手工业用水，发展到为农田灌溉提供用水。二是深井出现多。尤其在北方地区，超过 10 米以上的深井发现较多。山西侯马发掘的春秋战国之际的土井，最深达到 15 米。说明凿深井的技术已较普遍得到掌握。三是井壁的加固技术有很大提高。这时期除原有的土井、木构井、木筒井、竹圈井外，又出现了陶圈井（瓦井）、砖井等。陶圈井在南北方都有发现，圈径以 70 ~ 90 厘米为多，圈高 20 ~ 80 厘米不等。有一些陶圈井可能已采用沉井法。陶圈有整体圆形的，也有数块筒瓦拼装成圆形的。特别是在咸阳长陵车站发现秦代的水井已有上单圈下双圈陶井。砖井则在汉代出现，用砖砌的井，井径加大，达一米左右，因此井体的容量增加，这对农田灌溉有利；而砖砌的井口变小，便于设置井盖、井栏和井亭，使井水更加清洁，也便于架设机械汲水。四是视地质土层情况，灵活采用各种结构。如楚故都纪南城所发现的井，既有土井，还有陶圈井、木圈井和竹圈井，因土质关系，井筒上半部容易塌方，下半部不易塌方，于是陶井圈一般只用在上半部，在井筒下部设置木架予以承托。纪南城有的水井，陶圈与竹圈结合使用，在最下一节陶圈外壁另套有竹圈直至井底。今北京城西南发现的古井，因接近潜水时有流沙层，为防止流沙坍塌，井的下半部使用陶圈，而井的上部多不用之。河南泌阳板桥的古井，所砌砖的形制大小、结构及券法多样，已出现专门制作的弧形砖、楔形砖（有子母榫），这些砖成圆性好，容易砌筑 ，结合紧密，说明券井技术有较大发展。用砖券井方法较简单，而又坚固，又起一定的过滤潜水的作用，故后代大为推广，利用井水灌溉也更加普遍。

第二节　灌溉机具

当水源水位低于要灌溉的农田高程时，必须采取一定的措施，或提高水位，或提水灌溉。古代利用河水或陂湖等地面水时，多修建堰坝工程，抬高水位自流灌溉农田；而利用地下水，则多采用凿井的方法，除自行涌出的自流井外，一般的井水



位低，需要使用提水工具把井水提升到地面上，再灌溉农田。因此，灌溉机具开始主要创制和使用在井灌上，以后又发明了提取河湖水的机具。

春秋战国至南北朝时期，灌溉机具从“抱瓮灌溉”发展到采用桔槔、滑轮、轳辘、翻车灌溉，灌溉机具的形制基本具备。

一、桔槔

随着园圃中采用井灌的逐渐增多，为适应井灌发展的需要，到春秋后期，采用了比“抱瓮”进步的提水机具——桔槔①。关于桔槔的记载以《庄子》为最早。《庄子·外篇·天运》载：“孔子西游于卫，颜渊问师金……师金曰：‘……子独不见夫桔槔者乎？引之则俯，舍之则仰。’”师金，是鲁国的太师。又《庄子·外篇·天地》载：子贡过汉阴，见一丈人，抱瓮取井水浇灌圃畦，很是吃力，浇地功效又低。子贡介绍说：“有械于此，一日浸百畦，用力甚寡而见功多，夫子不欲乎？……凿木为机，后重前轻，挈水若抽，数如泆汤，其名为槔。”又《说苑·反质》称：卫国的五个农夫负缶入井取水灌韭，一天只能浇一区。邓析教他们用机具灌溉：“为机重其后，轻其前，命曰桥，终日溉韭百区不倦。”以上“槔”、“桥”都是桔槔[22]。桔槔能将灌溉效率提高百倍。

古代所称的桔槔是什么样子的呢？山东嘉祥东汉时代武梁祠石刻，有一幅桔槔画像石图，已与后代桔槔的式样基本一致。只是武梁祠壁画上的桔槔以绳索系桶，而后代有系以长吊杆的桔槔。如元代王祯《农书·农器图谱集之十三》中的桔槔即用长杆系桶。见图2－3－2－1、下页图2－3－2－2。

桔槔的工作原理是采用杠杆的原理。其构造是把一个横长杆由中间架起，支架可用木柱或树杈，这样形成中间有支点的杠杆，一头用绳系住汲器，另一头绑上重物（如石头）。汲水的时候，由于杠杆的作用，只要稍加下压力即能放汲器取水，同时，另一端重物的位置上升；提取汲器时，因另一头重物具有位能，自行下落，用上不大的力量，就能够把汲满井水的器物提取上来。这样连续不断地一上一下运动，“引之则俯，舍之则仰”，就能较快地提取井水灌溉，“挈水若抽，数如泆汤”，“用力甚寡而见功多”，减轻人的劳动强度而又提高了功效。桔槔结构简单，成为后代通用之器。

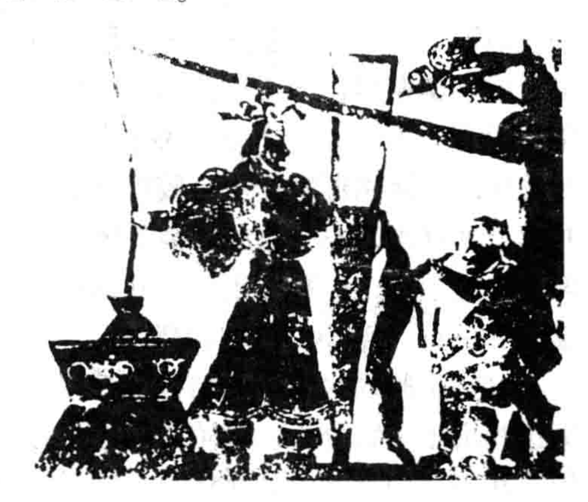


图2－3－2－1　山东嘉祥武梁祠汉画像石桔槔图

二、辘轳

辘轳是又一种提水机具。因桔槔“绠短而汲浅”，只可用于浅井，井深时则不适用，为适应利用深井灌溉的需要，创造了辘轳这种提水机具。故《齐民要

① 桔槔实物于1988年底在江西瑞昌铜岭古铜矿遗址发现，年代为西周晚期，其制作技术已成熟。见卢本珊等：《铜岭商周矿用桔槔与滑车及其使用方法》，《中国科技史料》1996年第2期。





图2-3-2-2　王祯《农书》桔槔图

术·种葵篇》说："井深用辘轳，井浅用桔槔。"

现代称带曲柄的辊轮，辊轮上绕绳索来传动的起重装置为辘轳。但古代早期所称的"辘轳"是没有装曲柄的滑车，即现代所称的滑轮。相传辘轳发明的年代很早，宋人高承《事物纪原》称"史佚始作辘轳"。史佚是西周初年的史官。如据这一记载，则辘轳就有3 000年以上的历史了。"辘轳"一名最早见于《墨子·备高临》，称为"鹿卢"或"磨鹿"，从所述看，应是一种滑车，用作攻守城市之用。然而据考古发掘，滑车实物已见于江西瑞昌铜岭古铜矿遗址，时代为商代晚期，用于提运矿石[23]。在湖北铜绿山古矿井战国时代遗址中也发现两根木辘轳轴子（实为滑车）[24]，可上下来回提升矿物，战国之前辘轳还未见用于提取井水。

秦汉时期，北方的井灌事业有了发展，仅使用桔槔提取浅井之水已不适应需要，于是，人们将滑轮起重装置用于深井汲水，产生了初期的辘轳灌溉机具。李斯《仓颉篇》有关于"辘轳"的解释："椟栌，三辅举水具也。"《仓颉篇》是秦统一了六国后李斯所作的文字范本，汉代增编过。"三辅"，汉代太初元年（公元前104年）设置京兆尹、左冯翊、右扶风三政区的合称，治所在长安城中。可见，秦汉时关中地区运用辘轳提水已较广泛了。黄河上下游地区出土了众多的东汉时期的水井模型和壁画，不少水井安装有辘轳。北魏《齐民要术·种葵篇》则明确说："负郭良田三十亩……穿井十口，井别作桔槔、辘轳（井深用辘轳，井浅用桔槔）。柳罐令受一石（罐小，用则功费）。"

这一阶段提水辘轳的结构，近几十年考古发现为我们提供了清楚的实物资料。据这些出土实物分析，辘轳的构造可分为滑轮辘轳和细腰辘轳两种。井上装滑轮辘轳的甚多，如河北定县北庄汉墓出土有陶井，井架上有滑轮[25]。河南陕县刘家渠汉墓出土的陶井、密县打虎亭汉代墓中的壁画、洛阳金谷园车站11号汉墓和烧沟西14号汉墓出土的陶井，井架上皆装有圆形滑轮[26]。山西朔县出土的汉陶井模型和陕西勉县老道寺出土的汉井模型，井口也装有滑轮[27]。细腰辘轳在辽阳三道壕东汉壁画墓、甘肃酒泉嘉峪关东汉画像砖、山东诸城谅台东汉画像石墓和嘉祥画像石墓均有发现。滑轮式辘轳和细腰式辘轳这两种提水工具，都是安装在竖立井架上的，在井口的两边竖起两根柱子，以横木连接，滑轮和细腰辘轳固定在横杆上。如辽宁三道壕东汉墓壁画的水井图绘有黄色井栏，立双柱建井架，架中部见细腰辘轳穿在一横轴上，绳系水桶尚在井栏上，井台上放有盛水器[28]。山东诸城水井图中的井台为四方形，栏为井字形，栏上立两柱搭架，两柱间用两横木相穿，横木间竖立两短柱，细腰辘轳的横轴穿在两短柱间，安装更加牢固[29]。见下页图2-3-2



-3、图2-3-2-4、图2-3-2-5。

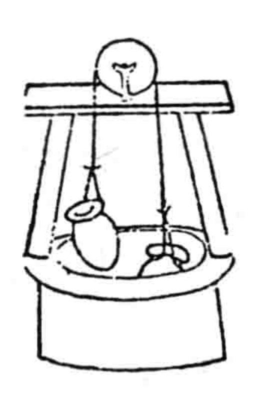


图2-3-2-3　洛阳汉墓陶水井

（据《文物参考资料》1954年第9期）



图2-3-2-4　辽宁辽阳三道壕汉墓壁画水井图

（《文物参考资料》1955年第5期）



图2-3-2-5　山东诸城东汉墓画像石的水井辘轳图

（《文物》1981年第10期）

滑轮辘轳和细腰辘轳都设置了定滑轮，定滑轮有凹槽，它们的区别则是有窄槽、宽槽之分，槽中可以放置绳索。绳索的一端系一汲器。汲水时，人站在地上拉着绳子的另一端，先放下罐子汲水，待水满后用力向下拉绳子，轮子转动，罐子上升。或在绳索两端各系一只汲器，汲水时两个汲器一上一下运动交替提水。滑轮把向上用力改变为向下用力，变换了用力的方向，便于操作。滑轮接触绳子面窄，汲水时绳易脱槽，而细腰辘轳长度增加，绳子始终在其中部滑动，使用稳靠。

据以上资料，早期的辘轳提水机具还较简单，只设置了一个定滑轮。这种机具只改变力的方向，而不省功。但因为其简便，所以运用很为普遍。后代人们又对其不断改进，使之逐渐完善。据考古资料，山西绛县裴家堡金墓壁画的水井汲水图，已有装曲柄的辘轳[30]。曲柄辘轳利用了轮轴和杠杆相复合的机械原理，轮轴可以缠绕绳子不致打滑，采用杠杆摇动车轴，原动力减少，用小力就能转动车轴，明显



地提高了功效。见图2－3－2－6。元代王祯《农书·农器图谱之十三》所载辘轳图，已和现代的形制相同。

三、翻车

桔槔和辘轳灌溉机具的创造，在提取井水方面起了很大作用。但它们都不能连续工作，提取的水量有限，要浇灌大面积的农田，有相当的局限性，而且辘轳不适宜用于提取河湖之水。为适应就地提取河湖水的需要，遂有了翻车的创制。

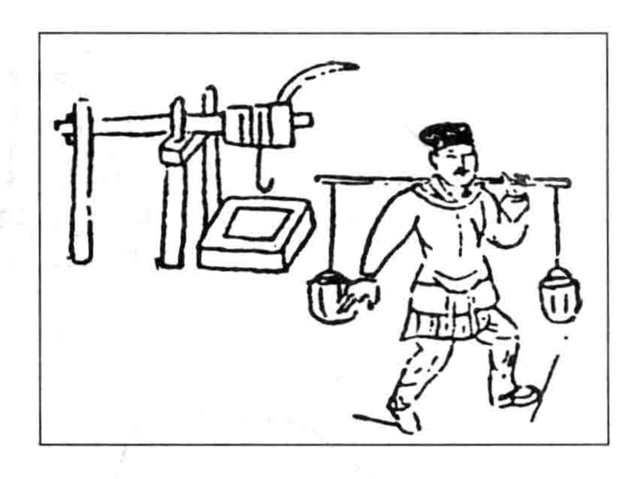


图2－3－2－6　山西绛县金墓壁画的水井辘轳图
（《考古通讯》1955年第四期）

翻车初创于东汉。《后汉书·张让传》载：汉灵帝中平三年（公元186年），“使掖庭令毕岚……又铸天禄、虾蟆、吐水于平门外桥东，转水入宫。又作翻车、渴乌，施于桥西，用洒南北郊路，以省百姓洒道之费”。天禄、虾蟆是动物形的铜铸水道口，将高处之水引入而吐水。而翻车是将低处水提升到高处的机具。唐人李贤注称：“翻车，设机车以引水。”可见翻车是一种提水机具。当时创制的目的，是在京城洛阳提取河流之水来洒南北郊路，以节省人工费。但文中对翻车的形制未加说明。此外，东汉服虔《通俗文》也谈到了“水碓、翻车”[31]。后代人多认为翻车即是龙骨车。如元代王祯《农书·灌溉门》说：“翻车，今人谓龙骨车也。”明代徐光启《农政全书》的说法相同。据此，我国至晚在东汉时，已发明水车用于提水，比欧洲使用水车要早1 400年左右。

初创时的水车还未见用于农田灌溉。到三国曹魏明帝时（公元227～239年），有扶风巧匠马钧又对翻车作了改进，用于灌溉园圃。《三国志·杜夔传》裴松之注附马钧传记载：“马先生，天下之名巧也。……先生为给事中（明帝时）……居京都（洛阳），城内有地，可以为园，患无水以灌之，乃作翻车，令童儿转之，而灌水自覆，更入更出，其巧百倍于常。”所做翻车很是灵巧轻便，儿童都能转动，大概是一种手摇水车，这是见于记载的最早用于浇灌菜圃的翻车。

这时“水车”这一称谓也已出现。《全三国文》卷三〇应璩《与尚书诸郎书》载：“虽欣皇天之降润，亮水车之思雨，私怀蹙额，良不可言。”句中有“水车”一句，与“降润”、“思雨”相联系，当为灌溉工具。应璩与马钧是同时期人，均居住在洛阳，所指水车很可能就是马钧改进了的翻车。

翻车的发明对后世的影响很大，特别是唐代以后，南方稻作农业发展甚快，提水抗旱和庳水排涝的需要促使水车得到广泛使用。在近代化的抽水机发明前，它是社会上普遍使用，效用最高的一种灌溉机具。

四、渴乌

渴乌是一种特殊的引水机械。最早的记载见于《后汉书·张让传》。东汉中平三年（公元186年）毕岚制作了许多灵巧的机械，其中就有渴乌，与翻车一样，当时都是为清洒道路之用。唐代李贤注说：“渴乌，为曲筒，以气引水上也。”就



是说渴乌是一个曲管，利用空气压力来引水。据此渴乌应该是虹吸管，其形状类似饮水的乌鸦，曲管的弯曲部分向上凸起。有人认为渴乌是因其一俯一仰的汲水运动，犹如乌鸦饮水的姿态，故认为是桔槔。但桔槔利用的是杠杆原理，不符合“以气引水上也”的含义。况且春秋战国以来桔槔已逐渐普及，不需要到东汉时再加以制造。因此，毕岚所作的渴乌是引水的虹吸管。

渴乌这一机械曾是铜壶滴漏上的注水部件，其使用时间很早。唐代徐坚所编的类书《初学记》卷二五引北魏李兰《漏刻法》说：“以器贮水，以铜为渴乌，状如钩曲，以引器中水，于银龙口中吐入权器。”《周礼》载有挈壶氏，职掌漏刻之事，说明“漏刻法”至迟先秦时已有，仪器上的渴乌可能创制于此时。计时器中的渴乌是铜制作的一个管径较小的虹吸管。毕岚模仿漏刻器上渴乌的结构，加以改进，用作汲水的器具。毕岚制作渴乌的技术思想是采用一个器械的原理制造出另外用途的另一种器械，这一技术思想是很有意义的。

汲水渴乌的制作，起初大约是用竹筒去掉隔节，然后相接成弯曲形状。这可从后代的文献记载为证。唐代《通典》卷一五七载：“渴乌，隔山取水。以大竹筒雌雄相接，勿令漏泄，以麻漆封裹。推过山外，就水置筒，入水五尺。即于筒尾取松桦干草当筒放火。火气潜通水所，（水）即应而上。”北宋曾公亮《武经总要前集》也有记述：“凡水泉有峻山阻隔者，取大竹去节，雄雌相合，油灰黄腊固缝，勿令气泄。推竹首插水中五尺，于竹末烧松桦薪或干草，使火气自竹内潜通水所，则水自中逆上。”可见渴乌用在隔山取水的地方，中间高，两端低，形成虹吸状。构造是用凿通隔节的竹筒相互套接而成。接头处要密封，不漏气，须用麻沾漆缠裹，或用油灰黄蜡封缝。渴乌的前端插入水源水面以下五尺。开始汲水的时候，一定要使管道内形成真空，“刻漏法”中的渴乌因管径小，是采用口吸的方法，把空气吸走，而竹筒所做渴乌管径大，就不能采用此法。当时采用的方法是在出口端点燃薪草，使竹筒内氧气很快燃尽，管内变成真空，这样管内空气压力低于筒外大气压，形成压力差，水就能压入管内，源源不断地从另一端流出。当然利用虹吸管吸水，渴乌的进水口必须高于出水口，即《农政全书》所说的“上水必高于下水”为必要条件。

可见毕岚制作渴乌以后，社会上长时期一直在使用称作“渴乌”的器具汲水，它们的结构和工作原理皆相同，因此，毕岚所造渴乌就是虹吸管。渴乌用作引水工具，在农田水利上意义重大。当渠道经过山冈地区，或者需越河堤引水，可以设置渴乌进行输水，这一设施工程量小，安全性也较高。古代民间在灌溉输水工程中常常采用，到明清时还形象地称之为“过山龙”[32]。

参考文献

〔1〕邹逸麟主编：《黄淮海平原历史地理》，安徽教育出版社，1993 年，第 347 页。

〔2〕湖北省博物馆：《楚纪南故城》，《文物》1980 年第 10 期。

〔3〕北京市文物工作队：《北京西郊白云观遗址》，《考古》1963 年第 3 期；北京市文物管理处《北京地区的古瓦井》，《文物》1972 年第 2 期。



〔4〕河北省文物管理委员会：《河北石家庄市市庄村战国遗址的发掘》，《考古学报》1957年第1期。

〔5〕陈国英：《咸阳长陵车站一带考古调查》，《考古与文物》1985年第3期。

〔6〕骆明：《汉代农田布局的一个缩影——介绍淮阳出土三进陶院落模型的田园》，《农业考古》1985年第一期。贺维周：《从考古发掘探索远古水利工程》，《中国水利》1984年第10期。

〔7〕《居延汉简释文合校》283·55。

〔8〕《居延汉简释文合校》127·6，《居延汉简甲乙编》此条简文“口”作“卅”，“深”作“阔”。

〔9〕山西省考古研究所：《侯马铸铜遗址》，文物出版社，1993年。

〔10〕中国科学院考古研究所：《沣西发掘报告》，文物出版社，1962年。

〔11〕黄河水库考古工作队：《河南陕县刘家渠汉墓》，《考古学报》1965年第1期。

〔12〕湖北省博物馆：《楚都纪南城的勘查与发掘》，《考古学报》1982年第3期。

〔13〕湖北省博物馆江陵纪南城工作站：《一九七九年纪南城古井发掘简报》，《文物》1980年第10期。

〔14〕《燕下都城址调查报告》，《考古》1962年第1期；河北省文化局文物工作队：《河北易县燕下都故城勘察和试掘》，《考古学报》1965年第1期。

〔15〕河北省文物管理委员会：《邢台曹演庄遗址发掘简报》，《考古学报》1958年第4期。

〔16〕东北博物馆：《辽阳三道壕西汉村落遗址》，《考古学报》1957年第1期。

〔17〕唐淑琼：《成都西门外清理出古井群》，《文物参考资料》1957年第5期。

〔18〕吴兴汉：《寿县东门外发现西汉水井及西晋墓》，《文物》1963年第7期。

〔19〕苏州博物馆：《苏州北郊汉代水井群清理简报》，《考古》1993年第3期。

〔20〕郭宝钧：《洛阳西郊汉代居住遗址》，《考古通讯》1956年第1期。

〔21〕河南省文化局文物工作队：《河南泌阳板桥古墓葬及古井的发掘》，《考古学报》1958年第4期。

〔22〕《墨子·备城门篇》：“穴且遇……用颉皋冲之。”则记载了以桔槔吊杆的冲击力来凿井的技术。

〔23〕卢本珊等：《铜岭商周矿用桔槔与滑车及其使用方式》，《中国科技史料》1996年第2期。

〔24〕铜绿山考古发掘队：《湖北铜绿山春秋战国古矿井遗址发掘简报》，《文物》1975年第2期。

〔25〕河北省文化局文物工作队：《定县北庄汉墓出土文物简报》，《文物》1964年第10期。

〔26〕黄河水库考古工作队：《河南陕县刘家渠汉墓》，《考古学报》1965年第1期；安金槐：《密县打虎亭汉代画像石墓和壁画墓》，《文物》1972年第10期；洛阳市文物工作队：《洛阳烧沟西14号汉墓发掘简报》，《文物》1983年第4期；《洛阳金谷园车站11号汉墓发掘简报》，《文物》1983年第4期。

〔27〕平朔考古队：《山西朔县秦汉墓发掘简报》，《文物》1987年第6期；郭清华：《陕西勉县老道寺汉墓》，《考古》1985年第5期。

〔28〕李文信：《辽阳发现的三座壁画古墓》，《文物参考资料》1955年第5期。

〔29〕任日新：《山东诸城汉画像石墓》，《文物》1981年第10期。

〔30〕李趁友：《汉代的辘轳及其发展》，《农业考古》1984年第1期。

〔31〕《后汉书集解》引，中华书局影印本，1984年，第887页。

〔32〕周魁一：《我国古代的虹吸和倒虹吸》，《农业考古》1985年第2期。



第四章
水利人物、水利理论和水利文献

我国在两千多年前的春秋战国时期已兴建了一些举世闻名的大型灌溉工程，秦汉以后又在关中、华北、西北边疆，乃至江淮及其以南地区大兴灌溉水利，取得了许多水利工程技术成就。这些成绩的取得，凝聚了不少水利工作者和水工专家的辛勤劳动，他们在总结前人水利科技经验的基础上，做出了重大的创造和发明，他们取得的优异成就及采用的技术思想是值得认真加以总结的。

在改造自然，变害为利，兴建水利工程的过程中，人们对水流运动的规律，各地区水利资源及其特点的认识大为提高，也对水利科学技术进行总结，从而形成一系列的理论认识，并著书立说，记述水利事业的发展及取得的技术成就，遂产生了一些水利专著。

第一节　水利人物

春秋战国至魏晋南北朝时期涌现了许多水利家和水利人物。杰出的有春秋时主持兴建芍陂的孙叔敖，战国时修建漳水十二渠的西门豹、修建都江堰的李冰和郑国渠的水工郑国，西汉时有对南阳灌溉水利做出重大贡献的召信臣等。

一、孙叔敖

孙叔敖，名饶①，是春秋时期楚国著名的政治家。当政之前为期思（今河南固始县西北）一处士②。《史记》卷一一九《孙叔敖传》："孙叔敖者……楚之处士也。"《荀子·非相篇》："楚之孙叔敖，期思之鄙人也。"由于他兴修期思陂、雩娄灌区等业绩而显露其才。经其友沈尹茎的推荐，相虞丘子退位时的进举，约公元前605年被楚庄王任为令尹。任相后很有作为。在国内政事方面，他"秋冬则劝民山采，春夏以水，各得其所便，民皆乐其生"。又"施教于民，上下和合，世俗盛美，政缓禁止，吏无奸邪，盗贼不起"[1]。在军事方面，于楚庄王十三年（公元前601年）辅佐庄王平定了群舒之叛，庄王十七年（公元前597年），在孙叔敖的协助下，先攻破郑国，接着在"邲之战"中，又打败晋军。其任相"十二年，而庄王霸"[2]。楚庄王能成霸业，与国内经济发展，足兵足食有很大关系。孙叔敖为相后，一直注意兴修水利，发展农业生产。他在今安徽淮河南面修芍陂、阳泉陂、大业陂等。《后汉书》卷七六《王景传》最早记载孙叔敖造芍陂，"庐江郡界有楚相孙叔敖所起芍陂稻田。"又《水经注·肥水》谓："芍陂……言楚相孙叔敖所造。"

① 东汉桓帝延熹三年（公元160年）固始令段光所立石碑，云"楚相孙君讳饶，字叔敖，是本县人也"。石碑铭文载南宋洪适《隶释》卷三《水经注·淮水》，北宋欧阳修《集古录》、赵明诚《金石录》都提到孙叔敖庙有石碑，可能即是段光所立。

② 有人据《左氏传》卷七杜预注："蔿敖，蔿艾猎为叔敖。"认为宰蔿敖、蔿艾猎即孙叔敖，是贵族出身，否认其为布衣身份。此说不确，蔿敖、蔿艾猎不是孙叔敖。



《资治通鉴》卷七四胡三省注引《华夷对境图》云："芍陂……与阳泉、大业并孙叔敖所作。"芍陂在今寿县一带；阳泉陂，引阳泉水，在霍丘县西；大业陂在沣河（穷水）、汲河（淢水）地区，霍丘县东北，俗称水门塘[3]。又在今河南淮河北岸的汝、濆水流域兴筑陂塘，灌溉农田。明代董说《七国考》卷二引《一统志》说："孙叔敖为楚相，截汝坟之水，作塘以溉田，民获其利。"在淮河北岸颍水流域开驿马沟，以泄潦水[4]。还在湖北江陵一带，"激沮水作云梦大泽之池也"[5]。应是修筑堰坝工程"激沮水"，将水引入陂池中。楚国的强大，很大程度上得益于水利的兴修。东汉时固始令段光在孙叔敖祠的碑文中说："及其为相，布政以道，考天象之度，敬授民时，聚藏于山，殖物于薮，宣导川谷，波（陂）障源泉（泉），溉灌坺（坡）泽，堤防湖浦，以为池沼，钟天地之美，收九泽之利，以慇（殷）润国家，家富人喜。"[6]碑文之中多赞美孙叔敖的水利业绩。《史记》将孙叔敖列为循吏，也是因他治楚功绩卓著，又特别廉洁之故。

综观春秋之季，以孙叔敖在楚国兴修的水利工程最多，技术上多所创新，有承上启下不可磨灭的功绩。但因记载的缺失、简略，对孙叔敖在水利上的建树似未提到应有的地位，其水利业绩又往往被其政治、军事功绩所掩。从灌溉工程技术发展史的角度看，孙叔敖实是首创大规模灌溉工程的代表人物。他创建了引史河灌溉的雩娄灌区，从而建成我国最早的渠系工程，陂渠串联的工程形式也应创建于此时。又创建了大型蓄水陂塘芍陂及其他许多陂塘，为后代淮河流域陂塘的兴盛打下了基础。从他兴修水利工程的地区来说，集中于江淮地区，江汉水利也有兴作，这些地区皆以种植水稻为主，这也说明水稻灌溉工程的发展先于旱作灌溉工程，江淮地区的灌溉工程技术春秋时是处于全国前列的，这与孙叔敖的水利功绩是分不开的。

二、西门豹

西门豹，中国战国早期的水利家。生卒年代不详，仕于魏文侯时代。魏文侯是魏国的第一代国君，代表了战国初新兴的地主阶级。为了加强东方边防，魏文侯二十五年（公元前421年）前派西门豹为邺县（治今河北临漳县西南邺镇）令。邺地地势平坦，漳水从西面山区奔腾而下，出山后常泛滥于平原之上，加上排水不畅，土壤盐碱化严重，农业生产呈现萧条的景象。战国时期魏国一个农夫一般分田百亩，邺地因土地瘠薄，一个农夫要治田二百亩[7]。此外，邺地迷信陋习盛行，每年要举行"河伯娶妇"的活动。地方官三老、廷掾与巫妪勾结起来，把漳河的水灾说成是"河伯显灵"，借替"河伯"娶妻为名，横征暴敛，肆意搜刮百姓钱财。西门豹到邺后，机智、勇敢地与迷信鬼神的旧风俗和旧势力作斗争，大破了河伯娶妇的骗局[8]。然后，立即对邺地的政治经济进行改革。

为了根治漳水灾患，发展农业生产，西门豹发动民众开凿漳水十二渠，引水灌溉农田。当时有人认为工程浩大，劳民伤财，不赞成修渠。西门豹说："今父老子弟虽患苦我，然百岁后期令父老子孙思我言。"[8]经过坚持不懈的努力，建成了低坝引水的漳水渠，取得了显著的经济效益，既减少了漳河泛滥的祸害，又引混浊的漳水淤灌，改良了盐碱地。《论衡·率性》载："魏之行田以百亩，邺独二百。西门豹灌以漳水，成为膏腴，则亩为一钟。"一钟为六斛四斗，即六石四斗，当时关东各国一般旱作亩产量为一石半[9]，漳水灌溉地的产量是其他地区亩产量的四倍



多，因此，邺地的经济逐渐富裕起来[10]。漳水渠灌区在以后近千年中，始终发挥着作用。

西门豹创建的漳水渠是多首制引水工程，在漳河出山口处的渠首枢纽，修筑有12道低坝，12个引水口，12条引水渠。这一枢纽工程很好地解决了排洪、引水、灌溉、清淤等技术问题。到汉初，官吏欲将相邻的三渠合并为一渠，老百姓坚决反对，认为是“西门君所为也，贤君之法式不可更也”（《史记·西门豹列传》）。西门豹首创了引多沙河的多首制渠系工程，对后代影响深远。

西门豹因为兴修水利取得显著的功效，又因其治邺有才能，所以史家对其评论甚高。《史记》卷四四《魏世家》称：“任西门豹守邺，而河内称治。”《史记》卷一二六《滑稽·西门豹列传》谓：“西门豹为邺令，名闻天下，泽流后世，无绝已时。”

三、李冰

李冰，中国战国末年著名的水利家。李冰的身世乡里、生卒年代因记载的阙乏，都不清楚。据蜀人追奉李冰为“川主”来看，可能为蜀地人。秦昭王后期，约公元前256年至251年李冰任为蜀守（详见本编第一章第二节“都江堰”）。李冰“能知天文地理”“识齐水脉”[11]。这里“天文”指有关天象、历法、气候等知识；“地理”指“以制度量，察陵陆、水泽、肥墩、高下之宜”[12]。所以李冰具有兴修水利工程的知识和技能。为解除岷江洪水对成都平原的危害，变害为利，利用岷江水灌溉农田，从而进一步发展平原的农业生产，他主持兴修了都江堰水利工程。李冰在兴修工程前，实地做了踏勘，他从成都出发，经郫县到湔氐县（今四川松潘县西北），深入岷江上游山区做调查。《水经注·江水一》记载：“秦昭王以李冰为蜀守，冰见氐道县有天彭山，两山相对，其形如阙，谓之天彭门，亦曰天彭阙。江水自此已上至微弱，所谓发源滥觞者也。”已亲临少数民族居住处了。通过仔细观察水情、地形、地势，确定在岷江与白沙河（古名湔江）相会处一带修筑工程①。此处为岷江出山口处，水流较缓，又有建瓴之势，是修建渠首工程的最佳处所。

根据《史记·河渠志》、《华阳国志·蜀志》、《水经注·江水一》等记载，李冰创建的都江堰已具有下列三大工程：一是“壅江作堋”（《华阳国志·蜀志》）。也就是在古白沙邮处修筑分水鱼嘴，将岷江分为内、外两江。他利用天然江心沙洲修筑分水堤，堤堰采用当地材料。《元和郡县志》卷三一称：李冰修都江堰时，为“防江决，破竹为笼，圆径三尺，长十丈，山石实中，累而壅水”。通过分水堤，使洪流和灌溉水流分走不同的河道，把内江（北江）河道固定下来。文献记载虽未明确指明李冰“作堋”时修筑“飞沙堰”，但此“堋”当也包括飞沙堰等堤堰在内。因飞沙堰实际是分水堤（内金刚堤）的延长部分。二是“凿离堆”（《史记·河渠志》）。从玉垒山嘴突出江心的地方，凿开一个固定的引水咽喉。李冰未

① 都江堰初建时分水鱼嘴靠近白沙邮，即今白沙镇。《华阳国志·蜀志》载：“乃自湔堰上分穿羊摩江灌江面，于玉女房下白沙邮做三石人，立三水中。”《水经注·江水》“于玉女房下白沙邮作三石人立水中”。当时名堰叫“湔堰”，是以湔水名堰，湔水是今白沙河，则堰必定在白沙河口附近，今白沙镇处的韩家坝洲头处。



凿离堆之前，北江分流绕过离堆山脚，从现在的人字堤处过水。由于进水流量无法控制，汛期进入成都平原的洪水过多，造成“沫水之害”。李冰开凿离堆后，由于宝瓶口断面的控制，既能引进灌溉所需的流量，又使洪水期大部分流量经飞沙堰减水河泄归外江。外江从成都平原的西部流过，坡降陡、河面宽，宣泄洪水的能力大，这样就能避免洪水对广大平原的危害[13]。开凿宝瓶口相当艰巨。据现代调查，该处玉垒山是一种白垩系红色砾岩，坚硬如铁，仅靠铁工具是开凿不动的，当采用“积薪烧之”的方法[14]。烧岩石后再泼以水，通过热胀冷缩使岩石出现裂缝而破碎。于是凿出了一个宽20多米、深30多米的进水口。由于离堆处进水口非常坚固，故能使都江堰长时期发挥作用，虽历经两千多年的浪涛冲击，依然屹立不动，坚固的离堆进水口，是都江堰历久不废的关键工程。三是“穿二江成都之中”（《史记·河渠书》）。《华阳国志·蜀志》称：“冰乃壅江作堋，穿郫江、检江，别支流双过郡下以行舟船……又灌溉三郡，开稻田。”即在宝瓶口以下，开凿郫江（今柏条河）、检江（今走马河），它们下游分别开支流府河和锦江，过成都城下。通过郫江和检江将内江分引来的岷江水，自流灌溉成都平原的广大农田，同时二江还具有航运、漂木之利，而且初期都江堰航运的功能很大，舟船能从灌县顺畅地开到成都。

李冰通过“壅江作堋”、“凿离堆”、“穿二江成都之中”等，建成了都江堰完整的工程体系，成功地解决了分水防洪、泄水排沙、引水灌溉等许多复杂技术问题。都江堰规划合理、布置巧妙、就地取材、功省用饶，符合现代科学技术原理，是古代杰出的无坝引水水利工程。都江堰效益显著，建成后使成都平原解决了洪灾的威胁，还能利用河渠灌溉、航运和漂木，于是蜀中“水旱从人，不知饥馑，沃野千里，世号陆海，谓之天府也”[15]。

此外，李冰在蜀中还修建了许多其他水利工程：（1）在南安（今乐山县），因沫水（此指大渡河）流过溷崖时，“水脉漂疾，破害舟船”，李冰发动士卒“凿平溷崖，通正水道”。还在南安凿平雷垣、盐溉两处浅滩。（2）在僰道（今宜宾市西南），滨江有兵阑山崖伸入河中，影响航道，而“崖峻阻险，不可穿凿，李冰乃积薪烧之”。（3）疏通汶井江（即文井江，今崇庆县西河）、白木江（今邛崃县南河），此两河即今三合堰灌区的前身。（4）又“导洛通山”。洛水，今什邡县石亭江。使洛水“或出瀑口经什邡、郫别江会新都大渡”。又有绵水（今绵竹县绵远河）也在绵竹入洛。洛水下流汇入沱江，“东流过资中（今资阳）、会江阳（今泸州市），皆溉灌稻田，膏润稼穑，是以蜀川人称郫繁曰膏腴，绵洛为浸沃也”[16]。（5）穿凿广都（今双流县）盐井和陂池。《华阳国志·蜀志》载：李冰“又识齐水脉，穿广都盐井，诸陂池，蜀于是盛有养生之饶焉”。《水经注·江水一》载：“江水东径广都县……李冰识察水脉，穿县盐井，江西有望川原，凿山崖度水，结诸陂池，故盛养生之饶。”[17]广都东面是丘陵台地，适于修筑陂塘蓄水灌溉。

总之，李冰在中国水利工程技术史上有着突出的贡献，其所创建的大型无坝引水渠系工程——都江堰，选址合理，渠首分水、溢洪和取水工程有机配合，达到水量和排沙的自动调节，渠系布置合理，取得了很好的综合效益，体现了朴素的系统工程思想。李冰在蜀地修筑的水利工程类型众多，既开渠、修陂池，又浚河、凿航



道，还创造了火烧岩石开山的施工方法。其掌握的工程技术与蜀地以往相比有了飞速的发展。此外，李冰兴修水利工程，改造自然的大无畏精神也始终激励着人民，“蜀人慕其气决，凡壮健者，因名冰儿也”[18]。李冰因其杰出的功绩受到历代人们的崇敬和称颂。

四、郑国

郑国，战国末年韩国的“水工”，是当时有名的水利技术专家。韩国位于今山西的东南部和河南的西北部，东部土地春秋时属于郑国，这里土地平衍，水利开发很早。公元前6世纪就有“子驷为田洫”的策划（《左传·襄公十年》），之后子产执政，又实施“田有封洫”之策（《左传·襄公三十年》）。这说明韩国有兴修农田水利的悠久传统，故而造就出水工郑国这样一位杰出的水利专家。

战国末，韩国势力弱小，且地处秦之近邻，成为秦“远交近攻”，以达统一六国的首要目标。秦自公元前265年开始，不断向韩国进攻。韩国为了消耗秦的力量，使其无力东伐，遂采用“疲秦”之计，“乃使水工郑国间说秦”。游说秦王政兴建引泾水的大型灌溉渠道。秦王认为有理，公元前246年任郑国主持修渠。《史记·河渠书》载：“凿泾水自中山西邸瓠口为渠，并北山东注洛三百余里，欲以溉田。”在修渠过程中，秦国发现了韩国的阴谋，欲杀郑国。郑国说：“始臣为间，然渠成亦秦之利也。臣为韩延数岁之命，而为秦建万世之功。”[19]秦王认为郑国所说有道理，继续让他主持施工。经过数千上万劳动者艰苦奋斗十年左右，终于建成了大型灌溉渠道工程，人们为纪念主持修渠的郑国，就把这条渠命名为“郑国渠”。

郑国渠干线长300里，比之前所建的都江堰和漳水渠干渠分别长数倍和十倍，后代出于其右者甚少。郑国渠引泾河之水灌溉，渠首布设在泾河出山峡之处。此处水流稍缓，地势又高，从河弯凹岸的顶点稍下游引水，这就满足了灌区对取水口高程及进水量的要求，引取的多为表层水，又建退水渠解决泄洪、防沙等问题。干渠布设在灌区的最高一线，取得了最大的自流灌溉面积；渠道通过治、清、浊、沮等川谷水时，采用“横绝”、“注入”、“搅合”等技术措施，既巧妙地交会，又增加了渠道的水量，这些都体现了郑国高超的水工技术水平。

泾水含沙量很高，郑国渠引泾水灌溉，具有灌溉、洗盐改土和肥田的功效，既有利于渭北平原战胜干旱，又改良了大片的盐碱地。《史记·河渠书》谓：“（郑国）渠就，用注填阏之水，溉泽卤之地四万余顷，收皆亩一钟。于是关中为沃野，无凶年。”可见郑国渠所起的社会经济作用巨大。渠建成的当时，就使秦国得以富强，支持了统一大业。以后历代引泾灌溉皆承继郑国渠。渭北平原灌溉事业延绵不断，均应推源于郑国的开创之功，所以郑国成为人们一直缅怀的水利家。

五、召信臣

召信臣，字翁卿，西汉九江郡寿春县（今安徽寿县）人。生卒年代不详。历任谷阳（今安徽固镇西北）长、上蔡（今河南上蔡西南）长、零陵（郡治今广西全州西南）太守等。汉元帝时任南阳（郡治今南阳市）太守。他“为人勤力有方略，好为民兴利，务在富之”[20]。大力发展农业和兴办灌溉事业，对南阳水利做出了不可磨灭的贡献，在水利技术上多有创新。后来召信臣又迁河南（郡治今洛阳市东北）太守，治行常为第一。竟宁中（公元前33年）征为少府，列于九卿，奏



请节减宫廷开支，“省费岁数千万”。

召信臣所处的时代已到西汉后期，水利科学技术的积累，南阳优越的地理环境，以及召信臣本人的良好素质，这些都是他能取得卓著水利技术成就的原因。

召信臣在南阳做的水利工作，《汉书》卷八九《召信臣传》有概括的介绍，谓：召信臣“行视郡中水泉，开通沟渎，起水门提阏（堤堰）凡数十处，以广溉灌，岁岁增加，多至三万顷。民得其利，畜积有余”。修建的水利灌溉工程达数十处之多，成为南阳水利的奠基人，后代南阳的灌溉水利工程多在此基础上维修和增建。

六门陂是南阳水利中最著名的工程。据《水经注》卷二八《湍水》记载，六门陂建于建昭五年（公元前34年），在穰城（今邓县）西三里截断湍水，拦河坝为石坝，水位抬高形成库区，两岸用土堤围筑起来。石坝可以溢流。起初建有三水门引水灌溉，后来汉平帝元始四年（公元4年）扩大灌溉，改建为六石门，灌溉今邓县、新野一带农田5 000余顷。灌区主要在湍水南，但湍水北也有一部分灌溉面积[21]。

钳卢陂也是召信臣所建。《元和郡县志》卷二一记载：陂位于穰县南60里，也累石为堤（石堤段可溢流），旁开六石门以灌溉。此陂利用刁河南面的洼地筑堤形成库区，以刁河和刁河南岸众多的沟谷水为水源。

另外他在南阳县还修筑了不少灌溉工程。《读史方舆纪要》卷五一《南阳府南阳县》下载：“豫山，府东北十五里，孤峰峭立，俗名独山，山下有三十六陂，汉召信臣、东汉杜诗、晋杜预作陂溉田，民被其利。”又载：“淯水（今白河）旧有四堰，曰上石谷、马渡港、蜣螂堰、沙堰，汉召信臣所置，溉田六千余顷。”

泌阳县的马仁陂也是召信臣创建，在比水上游支流的山谷筑坝，拦蓄92岔之水，形成周回50余里的陂，“四面山围如壁，惟西南稍下可泄水，汉太守召信臣筑坝蓄水，复作水门，以时启闭，分流碌礠等二十四堰（支渠），灌溉民田千余顷”[22]。

在今唐河县境有召渠，亦称召堰，在县西。此渠以召信臣命名，显为其所创建。召渠很长，下游延伸到今湖北省界。《读史方舆纪要》卷五一《南阳府唐县》引方志称：“召渠乘高泻水，类关中郑渠。”

从上可知，召信臣在水利工程技术上的成就，是能因地制宜兴修各种灌溉工程。既有蓄水工程陂塘，又有长距离的渠道引水工程。陂塘的类型也多，有拦截河流成陂的，也有利用洼地圈筑成陂的；既有平原水库，又有山谷水库。六门陂下结29陂，《水经注·淯水》将这一事情记于杜预修复六门陂水利之后，但杜预是“继信臣之业”，所以陂渠串联的工程型式在召信臣兴南阳水利时应已出现，即南阳地区陂渠串联的工程技术由召信臣最先应用。说明召信臣对南阳的水资源和地形地势状况非常了解，故而能对这一地区的灌溉工程因地制宜规划布置，兴修各种“水门提阏凡数十处”。同时在建筑施工技术上也达到当时的领先水平，修建了砌石坝和石基水闸，使工程更加牢固，并利于溢流排洪和引水灌溉。

召信臣在制定用水管理制度方面也有突出成绩。《汉书》卷八九《召信臣传》称：召信臣“为民作均水约束，刻石立于田畔，以防分争”。用水的次第皆有规定，



而且将条文刻于石碑，立在田旁，令大家遵守，防止争水事件的发生，从而管好水，用好水。这是继元鼎六年（公元前 111 年）兒宽在关中六辅渠“定水令”后，又一次建立用水管理制度，影响深远。如西晋时杜预修召信臣遗迹，“激用滍、淯诸水以浸原田万余顷”，亦“分疆刊石，使有定分，公私同利，众庶赖之”[23]。

由于南阳灌溉水利的发达，加上倡导耕稼、俭约的风气，于是南阳地区日渐殷富，户口倍增，召信臣深受吏民爱戴，被称之为“召父”。南阳世世为他立祠。史赞其“所居民富，所去见思，生有荣号，死见奉祀”[20]。

第二节 水利理论认识

春秋战国至南北朝时期，兴修了大量的水利灌溉工程，水利科学技术取得了长足的进步。通过大量的水利建设的实践，人们不断地进行概括总结，上升为理性的认识，形成了较为丰富的水利科学理论。如对地表水资源分布及利用的认识，对地下水资源的分类及利用的认识，水流水力学现象的描述，对黄淮地区蓄泄的认识等。由于理论认识的提高，又进一步促进了水利灌溉工程在大范围内的合理规划和加速发展。

一、关于地表水资源分布及利用的认识

春秋战国秦汉时期，新的地主封建制生产关系取得了统治地位，并日益巩固，生产力迅速发展，掀起了水利建设的高潮。随着水利灌溉的普遍兴修，人们对全国各地的地表水资源的状况有了一定的认识。《周礼·职方氏》[24]“掌天下之图，以掌天下之地”。“乃辨九州之国，使同贯利”。《周礼》将全国划分为九州，对九州主要水资源的分布和利用状况，分别做了简略的记述。它将九州的地表水分为泽薮、川、浸三类。《汉书·地理志》登载了《职方氏》文，颜师古注认为：“泽薮”是“钟（聚）水丰物”的湖泊，而“薮，大泽也”；川是“水之通流者也”；浸谓“引以灌溉者”。现按《周礼·职方氏》所载的地表水资源，列表 2－4－2－1：

表 2－4－2－1　《周礼·职方氏》九州的泽薮、川、浸

地名	泽　薮	川	浸
扬州	具区	三江	五湖
荆州	云梦	江、汉	颍、湛
豫州	圃田	荧、雒	波、溠
青州	望渚	淮、泗	沂、沭
兖州	大野	河、泲	卢、维
雍州	弦蒲	泾、汭	渭、洛
幽州	貕养	河、泲	菑、时
冀州	扬纡	漳	汾、潞
并州	昭余祁	虖池、呕夷	涞、易

从表中可见各州皆有大泽和大川，对一些湖泊和河流也进行了利用。从本编第



一章记述的战国时各地所创建的灌渠工程，可知其“浸”所在地大都是战国时灌溉比较发达的地区，因此，《周礼·职方氏》所述是对当时水利区的一个总结。

为了去害兴利，合理地开发和利用水资源，古人进一步对河川水资源做了分类。《管子·度地》篇按照地表水的源流状态、水量大小及季节变化，对河川水做了分类。其谓：“水有大小，又有远近。水之出于山而流入于海者，命曰经水；水别于他水，入于大水及海者，命曰枝水；山之沟一有水，一无水者，命曰谷水；水之出于他水，沟流于大水及海者，命曰川水；出地而不流者，命曰渊水。此五水者，因其利而往之可也，因而扼之可也。”

文中明确地把河川分为“经、枝、谷、川、渊”五类。经水是河川的干流，枝水是支流，谷水是山沟中的季节性河流，川水是沟通天然河道的人工河，渊水是湖泽。分类清楚合理，并指出此五水皆可以利用。即根据不同类型的水流特点，“因其利而往之”，因水之势，疏引以灌溉；还可采用“扼之”的工程措施，通过筑坝引水或筑堤防水加以治理，这样就能消除“五害”（水、旱、风雾雹霜、疠、虫）之首的水害。

古人对水资源进行的初步分类，表明在实践的基础上对水资源的认识有了提高，从而有利于因地制宜利用水资源及进行流域规划，以消除水害，发展农田灌溉和河道航运等事业。

水资源的水质也是一个重要问题，古人已注意到灌溉水质的状况。《淮南子·地形训》说：“汾水濛浊而宜麻，泲水通和而宜麦，河水中浊而宜菽，雒水轻利而宜禾，渭水多力而宜黍，汉水重安而宜竹，江水肥仁而宜稻。”各地农业生产的自然条件不同，所适宜种植的作物也不同。古人对水土条件很为重视，某地区的某一条河流适宜浇灌某种作物，在生产实践中已积累了一些经验，虽然是表象的，但引水灌溉要注意水质，这一思想认识却是可贵的。

二、关于地下水资源的分类和利用的认识

我国人民很早就注意开发利用地下水灌溉农田。在秦岭、淮河以北地区，降水较少，地表水不太丰裕，季节变化又大，不能满足农田用水需要，因此，开发利用地下水以补地表水的不足在北方很是重要；南方山丘地区坡陡流急，雨水存留不住，特别是在桂、黔、滇等省岩溶地区，雨水渗入地下，造成地表干涸，故而利用地下水也很重要。

历史上利用地下水的方式主要有引泉和凿井两种。春秋战国至南北朝时期这两种利用地下水的方法有很大发展，促使人们对地下水资源的认识有了提高，开始依地下水的埋藏深度和水质状况等进行分类，以便更好地加以利用。

泉是地下水在地表的出露。我国的泉水资源丰富，广泛分布于山地和山麓地带。仅据北魏郦道元《水经注》统计，书中提到的泉水就有 230 多处。古代人们很早就开发利用泉水了，如山西太原晋祠泉、临汾的龙祠泉、洪洞霍泉、汾阴瀵泉、山东济南的趵突泉、河南辉县的百泉，早已见著史册。由于泉水水量稳定，水质清冽，发源地势较高，稍加疏引，便能自流灌溉，所以古代利用泉水灌溉较为普遍。

我国利用泉水灌溉的历史也很早。据《诗经》记载，周族早期首领公刘在豳



地（今陕西旬邑县西）“观其流泉”，选择有众多泉水之地定居下来，从事耕作。朱熹《集传》称：“流泉，水泉灌溉之利也。”所以公刘很可能已利用泉水了。《诗经》最早将泉作了分类。《诗经·邶风·泉水》中有肥泉，《诗经·曹风·下泉》中有下泉，《诗经·大雅·瞻印》中有槛泉，《诗经·小雅·大东》中有氿泉等。

春秋战国时期随着开发利用泉水的增多，人们对泉的形态作了更细的分类。《尔雅·释水》将泉水分为七类：

一是瀸泉。“泉一见一否，为瀸。”即泉水有时出现，有时不出者的泉水，现代称为间歇泉。

二是滥泉。“滥泉正出。正出，涌出也。”滥泉也即槛泉。正出，犹直出的样子。

三是沃泉。“沃泉县出。县出，下出也。”沃泉也即下泉，是从上溜下的泉。

四是氿泉。“氿泉穴出。穴出，仄出也。”从旁渗出的泉。

五曰汧泉。“汧，出不流。”水泉潜出停成汙池者为汧，也就是形成池沼的泉水。

六是肥泉。“归异，出同流，肥。”所出同，所归异为肥泉，即源为一，下流分为数派的泉。

七是瀵泉。“瀵，大出尾下。”是涌出地表水量颇大的泉，其源潜通深大，从多处溢出。

以上七种泉水的分类是按泉水的环境条件、涌出形态、水量大小来划分的，此分类已达到相当高的水平。

这些泉水皆有利用价值。尤其是瀵泉，水量大，常被用来灌溉。《水经注·河水四》记载，在郃阳城（今陕西合阳县东南）北有一瀵水，城内侧中有另一瀵水，城南又有瀵水，皆流入于黄河。在河东的汾阴县（今山西万荣县西南）南 40 里，西去河三里，“平地开源，濆泉上涌，大几如轮，深则不测，俗呼之为瀵魁，古人壅其流，以为陂水种稻。（陂）东西二百步，南北百余步”。此外，在河中洲渚上，又有一瀵水，“皆潜相通”。从“古人壅其流”句可知，利用瀵泉的历史悠久。西晋郭璞注《尔雅》早于《水经注》已指出这些地方有瀵泉了，利用瀵泉灌溉的历史可推到《尔雅》反映的先秦时期。

其他利用的著名泉水有：

《水经注》卷六《晋水》记载了战国初年引山西太原晋祠泉灌溉的情况，工程技术措施采用筑坝堰，“蓄以为沼”，形成蓄水库，然后开渠引水灌田。

河南辉县百泉出于县西北七里苃门山下，因泉通百道而名。百泉之名先秦已见于记载[25]。《水经注》卷九《清水》记载了利用百泉所建的水利工程，说共县（今辉县）故城西“有百门陂，陂方五百步”。唐《元和郡县志》讲得较详细：“百门陂在（共城）县西北五里，方五百许步，百姓引以溉稻田。此米明白香洁，异于他稻，魏、齐以来，常以荐御。”形成了品质优异的百泉稻米产区。百泉灌溉工程的特点是修筑陂塘将泉流潴积起来，这也是引泉灌溉常采用的工程措施。因为泉水的流量相对较小，但水量稳定，可潴积起来供灌溉时用。

此外，全国各地还分布有许多温泉。据不完全统计，全国有温泉两千多处。古代很早就利用温泉种植蔬菜和作物。陕西著名的骊山温泉，秦始皇时曾于冬季利用

温泉种瓜[26]。《水经注·耒水》记载：便县（今湖南永兴县）利用温泉水种稻，一年可以三熟。这是利用温泉水形成气温较高的局部小气候，从而种植反季节蔬菜或提高复种指数。说明人们不仅认识了各种泉水的特性，并采取技术措施加以利用。

凿井灌溉是利用地下水的又一种重要方式。因泉水出露的地区有局限性，在地下水含量丰富，地下水位又较浅的平原、盆地和山麓地区，多采用打井的方法利用地下水。上章中已谈到春秋战国时期在中原大地上井灌事业有较大的发展，促使人们对地下水的认识进一步加深，出现了较系统的论述有关土壤与地下水的著作。

《管子·地员篇》阐述了不同地方的土地与地下水的关系。文中分为平原、丘陵、山地三类土地。称地下水为泉。对三类不同土地的地下水埋藏深度、地下水质和适宜种植的作物等，做了较细致的叙述。现分别列于表如下：

表 2-4-2-2　　《管子·地员》平原地区地下水简表

土壤名称	地下水深度		地下水质	土　宜		
	施数	战国尺数		农作物	草	木
渎田悉徙	5	35	水仓	五种（谷）无不宜	楚、棘	蚖、蓄、杜、松
赤垆	4	28	水白而甘	五种（谷）无不宜	白茅、雚	赤棠
黄唐	3	21	泉黄而糗，水流徙	惟宜黍秫	茅	櫄、檿、桑
斥埴	2	14	泉咸、水流徙	宜大菽与麦	萯、雚	杜
黑埴	1	7	水黑而苦	宜稻麦	苹、蓨	白棠

表 2-4-2-3　　《管子·地员篇》丘陵地区地下水简表

序　号	地　名	地下水位深		附　　注
		施　数	战国尺数	
1	坟延	6	42	
2	陕之芳	7	49	
3	祀陕	8	56	
4	杜陵	9	63	
5	延陵	10	70	
6	环陵	11	77	
7	蔓山	12	84	
8	付山	13	91	
9	付山白徒	14	98	
10	中陵	15	105	
11	青山	16	112	青龙之所居，其下庚泥，不可得泉
12	赤壤势山	17	119	其下青商，不可得泉
13	陞山白壤	18	126	其下骈石，不可得泉
14	徒山	19	133	其下有灰壤，不可得泉
15	高陵土山	20	140	



表2-4-2-4　《管子·地员篇》山地的地下水简表

地　别	命　名	地下水位（尺）	特点	土　宜	
				草	木
山之上	县泉	2	其地不干	茅、走	樠
山之上	复吕	3		鱼肠、莸	柳
山之上	泉英	5		蕲、白昌	杨
山之材（旁）		14		兢、蔷	格
山之侧		21		蔃、蒌	榆

从以上三个表可看出：平原地区所记载的内容最详细。只有通过引泉、打井和农业生产的长期实践，才能形成如此深刻的认识。丘陵地区按台阶上升，高度越高，地下水位越深，这大致是从平原地区的水位推测而得出的，但也不排除通过开挖深井测出地下水深度的可能。山地多泉，古今皆然，但因山地地势起伏显著，地质构造多变，泉水出露地比较复杂。从《管子·地员篇》所载山地土宜的草木看，走势是从高往低的，但其泉水深度从浅到深，说明古人认识山地泉水出露多变，且有“山高泉也高”的特点，虽然不很清晰，但多少已有所认识。

三、关于水流运动的理论认识

水流有自己的运动规律。兴建水利工程必须掌握水流的运动规律，以很好地顺应和运用这些规律，使工程的兴建取得成功。春秋战国至秦汉时期，由于一系列大中型灌溉工程的兴建，人们对水流运动的水力学现象已有一定的认识，并逐渐采取措施改变水流运动的一些条件，从而达到符合人们利用水资源的目的。

第一，认识到水流从高处向低处流的特性。《孟子·告子》说：“水之就下也。”“湍水也，决诸东方则东流，决诸西方则西流。”水流向下的特性，是受重力作用的影响造成的，古人已认识到这是水流的基本特性。《管子·度地》进一步说：“夫水之性，以高走下则疾，至于漂石；而下向高，即留而不行。”湍急的水流，会引起对河床的冲刷；而低处的水流是不能自行流到高处的。这些规律的掌握，对渠道（明渠）的设计和规划意义重大。所以在水源过低的地方，则采取“因而扼之”、“激而行之”的方法，以抬高水位灌溉农田。

第二，认识到有压管流的流态特性。《管子·度地》称：“水之性，行之曲，必留退，满则后退前。地下则平行，地高即控。”这是对倒虹吸等设施中有压管流的水力现象的描述。当渠水从倒虹吸管的进口端流入向下弯曲的管道时，必先灌满倒虹吸，从整个渠道的水流看，似呈现“留退”的状况，弯段满后水流“后推前”，从倒虹吸另一端流出。如倒虹吸的出口高程低于进口高程，即“地下”，则水流能平顺地通过；反之，出口过高，则要受“控”，水流不出去。这一理论认识对倒虹吸管道的设计、安装具有指导意义。

第三，认识到弯道环流的水力现象。《管子·度地》说：“杜曲则捣毁。杜曲激则跃，跃则倚，倚则环，环则中，中则涵，涵则塞，塞则移，移则控，控则水妄行，妄行则伤人。”“杜”唐代尹知章解释为“冲”。“杜曲则捣毁”，水流行至弯道处会产生冲击毁坏现象。在河道弯道过急的地方，水流受阻会跃起，“倚”指水



流斜倾一边，“环”，水流形成横向环流，“中”即“冲”，“涵”即挟带泥沙。就是说在弯道处，水流会对凹岸河床产生冲刷，泥沙在环流作用下在凸岸沉积下来，弯道愈来愈弯曲，并向下游移动，“移则控”，“控”危急也，于是河岸被冲毁，河流改道，“则水妄行”，泛滥成灾。这段史料说明，当时人们对弯道环流的水力现象已有较深刻的认识。这就要采取工程措施，防止灾害的发生。

四、关于黄淮地区蓄泄的认识

黄淮平原（古代包括海河平原）是我国最大的平原之一，气候属暖温带半湿润区，光照充足，年降水量在500～1 000毫米之间。区内地势平衍，开发历史悠久。由于降水在年内和年际的不均，作物仍需要灌溉，又因地面坡度过缓，排水不畅，历史上旱涝灾害频繁。对该地区蓄泄规律的认识，古人有多次反复的认识过程，并影响各时期采用的工程技术措施，即以蓄为主，还是以排为主，或者兼顾。各种技术思想的形成与人们对自然规律的认识水平，以及当时要解决的社会政治经济等问题有关。

黄淮平原地区在两汉至南北朝时期兴修了许多陂塘蓄水工程，用以灌溉农田。然而在平原地区修建水库，必须解决好蓄与泄、灌与排的问题，否则矛盾就会暴露出来。这一时期曾引起多次关于蓄泄的议论。

西汉中期在汝南地区建成了大型陂塘鸿隙陂，“藉其溉灌及鱼鳖萑蒲之利，以多财用”[27]。汉成帝时，因“关东数水，陂溢为害”，丞相翟方进与御史大夫孔光一起派属员调查后，认为“决去陂水，其地肥美，省堤防费而无水忧”[28]，遂上奏朝廷废陂。当时废陂的理由有三点：一是水灾严重，陂堤决坏为害严重。当时的水灾状况，《汉书·五行志》有记载，文中说：“成帝建始三年（公元前30年）夏，大水，三辅霖雨三十余月，郡国十九雨，山谷水出，凡杀四千余人，坏官寺民舍八万三千余所。”《汉书·成帝纪》还记载建始四年（公元前29年）、河平元年（公元前28年）、阳朔二年（公元前23年）关东皆有大水。可见当时水灾严重，而且是连续数年的水灾，连年的洪涝对陂塘的安全造成很大威胁，“陂溢为害”严重。二是废陂后，获得肥美的土地。这与汝南人口增加，要求开垦更多的土地有关。据《汉书·地理志》记载，当时全国人口豫州为第一，达750万，约占全国总人口的12.6%，其中汝南郡达250多万口，人口密度为70人/平方公里。人口多，需要的耕地就多，加上土地兼并严重，更对垦辟提出了迫切要求，获得肥美的陂塘淤土，缓解土地矛盾是朝廷与官员做出决策的一个重要原因。三是节省堤防经费。陂塘的堤防需要经常维修。汉代汝南郡的陂池维修费“年费常三千余万”[29]，而“汉宣以来，百姓赋钱，一岁为四十余万万”[30]。维修陂堤费占政府经费的比例甚高。西汉王朝到汉成帝时已日益衰落，社会危机四起，不愿多花堤防经费，故而选择决陂之策[31]。

新莽到东汉初，又连续发生旱灾，当地无陂塘水灌溉，不能种秔稻，只能种大豆和芋类。于是人们强烈要求复陂。建武时，遂又修复了鸿隙陂，“起塘四百余里”（《后汉书·许杨传》），恢复了面积很大的人工陂塘。这是因水旱条件的改变引起对蓄泄不同认识的典型例子。

三国时曹魏与孙吴抗衡，为了就地取得军粮，在淮河平原大兴屯田水利。当时



派邓艾主持这一工作。他著有《济河论》，阐述自己兴修水利的方针。其大意谓："田良水少，不足以尽地利，宜开河渠，可以引水浇溉，大积军粮，又通污漕之道。"[32]当时主要发展水稻生产，认为"水少"，故修建了大量陂堰，专意于蓄水灌溉，几年中取得了"资食有储而无水害"的效益。但当时为了军粮的急迫需要，只求见效迅速，广开田亩，工程质量较差。加上种植水稻实行火耕水耨，忽视结合排泄措施，遇上霖雨相继，陂水泛溢，水无出路，问题就转为水害了。到西晋杜预时，水害问题非常突出。

西晋短短五十二年，据《晋书·五行志》记载，至少发生了二十五次大洪水。在晋武帝执政的二十五年中，就有十二年发生水灾。其中咸宁四年（公元278年）"荆、扬郡国二十皆大水。"[33]水灾特别严重，庄稼无法下种。在这种情况下，杜预上疏说："今者水灾东南特剧，非但五稼不收，居业并损，下田所在停汙，高地皆多硗埆，此即百姓困穷方在来年。……今者宜大坏兖、豫州东界诸陂，随其所归而宣导之[34]。"指出了水灾的状况和采取的技术措施，要求大量废陂。

杜预认为当时陂堨过多，有不少危害：（1）渍涝面积增加，严重影响生产和生活。"自顷户口日增，而陂堨岁决，良田变生蒲苇，人居沮泽之际，水陆失宜，放牧绝种，树木立枯，皆陂之害也"。（2）引起地下水位升高，还危及陆田生产。"陂多，则土薄水浅，潦不下润。故每有水雨，辄复横流，延及陆田"。地下水位上升后，还会产生次生盐碱化。《汉书·沟洫志》载西汉末年贾让"治河三策"，他指出当时黄河下游水灾严重，"水行地上，凑润上彻，民则病湿气，木皆立枯，卤不生谷"。明确指出水灾使地下水位上升，发生盐碱化危害。杜预虽然没有明确指出"卤不生谷"，但从"放牧绝种，树木立枯"，"土薄水浅"，"高地皆多垸埆"等语句中已反映出来。（3）陂塘占地过多，使耕地十分紧缺。杜预认为"往者东南草创人稀，故得火田之利"。在地旷人稀的特定情况下采用省人力的火耕水耨的耕作方法以及与这种耕作方式相配合而修建陂塘，当时是可行的。但曹魏发展的陂塘，多是过去（汉代）"陆业"之处，西晋统一后，"户口日增"，陆地被陂水侵占，耕地就显得紧张。杜预举出宋侯国（今安徽太和县北）的泗陂为例。泗陂为漕运服务，坏地约13 000余顷，"伤败成业"。侯国相应遵早已提出废除泗陂，徙运道，利用别的旧渠通漕，但未得漕运和财政官员的赞同。杜预说宋地应领佃户只有2 600口人，"而犹患地狭，不足肆力，此皆水之为害也"。因此他赞成废泗陂的主张，以解决人、地、水的矛盾。

鉴于一些陂堨修筑质量差，决漫不止，造成严重危害，杜预提出了整治的技术措施：（1）陂塘蓄水量应与作物的灌溉需水量相当。他举豫州为例，豫州度支所领屯田约有水田7 500余顷，即使以蓄积三年军粮的要求，也不过需两万余顷水田，以这来规划陂塘的蓄水量，不要多蓄无用之水，多蓄的应排干。（2）保留汉代旧陂旧堨，废去曹魏所修质量差的工程。提出"其汉氏旧陂旧堨及山谷私家小陂，皆当修缮以积水。其诸魏氏以来所造立，及诸因雨决溢蒲苇及肠陂之类，皆决沥之"。（3）保留的旧陂旧堨沟渠要修缮。应采取汉代办法，预先列出项目，冬天兵士换防时，各留一个月协助施工。杜预的建议，得到批准实行。曹魏时所建的一些陂塘可能废除不少。



曹魏邓艾在淮河流域屯田时大治诸陂，37 年后杜预提出曹魏以来修造的陂堨“皆决沥之”。邓艾认为“田良水少，不足以尽地利”，杜预认为“下田停汙，高地硗埆，水陆失宜，放牧绝种，树木立枯，皆陂之害也”。气候的干旱变化是影响决策采用蓄还是泄的主要因素，政治军事的需要，人口的增减，农业生产的耕作方式等也对技术措施起影响作用。淮河平原如何蓄，如何排？历史上由于对客观规律认识的不全面，一直没有完全解决，即使在近现代也出现过反复，故仍需进一步研究如何统筹解决蓄、泄的技术方法，并达到水土的生态平衡，以利地区经济的持续发展。

淮河平原有蓄泄的问题，历史上黄河下游平原也存在这一问题。古代黄河下游平原地势平坦，湖沼陂泽星罗棋布。汉代已认识到陂泽有调节河流流量的作用。《汉书·沟洫志》记载，西汉末年贾让在“治河三策”中提到：“古者立国居民，疆理土地，必遗川泽之分，度水势所不及，大川无防，小水得入，陂障卑下，以为汙泽，使秋水多，得有所休息，左右游波，宽缓而不迫。”对陂泽之处，不规划作居邑或妄加垦殖。然而每当政治稳定人口增加需要增加耕地时，往往提出排涝废陂的要求。

西晋前期，全国统一，农业经济有了发展，“时欲广农”，需要扩大耕地。元康六年（公元296 年）束皙建议[35]：“司州十郡，土狭人繁，三魏（指魏郡、阳平郡、广平郡三郡，相当于今邯郸地区的东部、安阳地区的东北部和山东聊城市西部）尤甚，而猪、羊、马牧，布其境内，宜悉破废，以供无业。”要求将放牧的沼泽低地排水开垦，将牧场徙到冀北等地。又建议开垦吴泽（今河南修武、获嘉间），吴泽有良田数千顷，“泞水停洿”，认为排除积水并不困难。又提出“荆、扬、兖、豫，汙泥之土，渠坞之宜，必多此类”。即兖、豫与荆、扬一样都是多陂泽之地，也需要排水垦殖。束皙为了增加耕地，大力提倡排泄陂泽之水。

北魏孝明帝（公元516～528 年）初年，冀（治今河北冀县）、定（治今河北定县）、瀛（治今河北河间县）、幽（今北京城西南）数州，“频年淫雨，长河激浪，洪波汩流，川陆连涛，原隰通望，弥漫不已，泛滥为灾”。这些地区地势平坦，陂泽较多，常遭水灾，渍涝严重。崔楷上疏指出[36]：“往昔膏腴，十分病九，邑居凋离，坟井毁灭。良田水大渠狭，更不开泻，众流壅塞，曲直乘之所致也。”水灾是因水大，排水沟渠狭窄，弯曲多，排水壅塞造成的。他建议修造新的排水系统，根据地形高下修建，“钩连相注，多置水口，从河入海”；又要“泻其垸潟，泄此陂泽”。已注意到排除积水后盐碱化程度会减轻。工程完工后，“即以高下营田，因于水陆，水种秔稻，陆艺桑麻”。这一建议得到批准实行，但没有完工就诏令作罢。

以上论述黄河下游平原排泄的例子，一在今冀南和豫北，一在冀中部。这些地区地势低洼，历史上渍涝严重，开挖排水系统是采取的主要工程技术措施，但对陂泽如一味排干，则又会带来许多副作用。西晋、北魏时对这些地区蓄、泄的认识只是初步的，治水工程措施主要采取排的技术，这是看到水涝多产生的技术思想。

黄淮平原气候湿润期与干旱期交替，历史上兴修水利的方针也跟着随之变化，如何处理好该地区蓄与泄、灌与排的关系，是值得认真研究的重大问题。



第三节 水利文献

先秦时无水利专著，散见于史书、地理等著作中。秦汉时的水利著作，以《史记·河渠书》和《汉书·沟洫志》最为完善。《史记·河渠书》内容涉及治河、灌溉、航运三个方面；而《汉书·沟洫志》中关于汉武帝元封以前的材料，基本上节录《史记·河渠书》，元封以后，除记述元鼎六年（公元前111年）开六辅渠和太始二年（公元前95年）开白渠两事外，着重记述黄河洪灾、治河工程和治水方略等。之后到三国时出现河道水系专著《水经》，北魏郦道元对《水经》详加作注，实际成为另一部以河道水系和水利为主的专著，这就是有名的《水经注》。以上著作较集中地记载了先秦至北魏时人们的水利理论认识，修建的水利灌溉工程和采用的工程技术措施等。

一、先秦水利文献

先秦时期涉及灌溉水利的文献，现在尚流传的，主要有《尚书·禹贡》、《周礼·职方氏》、《管子·度地》等。

（一）《尚书·禹贡》

《尚书》中的《禹贡》，旧说为大禹或虞夏时代所作，但根据文字的发展来看，当时不可能产生这样比较详细而系统的著作。《禹贡》写于何时，目前有多种说法，有断为西周的，有断为春秋的，有断为战国的。[37]其中战国说是主流，主要据书中所载的九州及物产等考证断定，但所述的内容是战国及战国以前的，此书亦并非一时一人之作。它记述禹平治水土的成绩，实际是根据古人的治水设施和一些传说，用当时掌握的地理知识整理而成。

《禹贡》只有短短的1 200字，但记述的内容丰富。书序说："禹别九州，随山浚川，任土作贡。"它以大禹治水为线索，把当时的中国划分为九州，叙述了各州的地理位置、山川分布、土壤植被、土地和贡赋等级、输送贡品的交通线路等。全篇可分为三大部分：

第一部分记述九州治水与山川地理和经济地理状况。首句谓："禹敷土，随山刊木，奠高山大川。"即以大禹治水定山川的传说为主线，根据当时的地理知识，以重要山川表明九州之间的分界。冀州为帝都所在，故列于首；次则兖、青、徐、扬四州，皆下流滨海之地；再次则荆、豫二州，地居中流；终以梁、雍二州，地居上流。禹承其父鲧治水之职，改"湮"洪水为疏导之法，为使水有所归，故先从下流施功，再溯流而上导水，文章中即体现了这一技术思想。又叙述了九州各有的高山、大川、泽薮、原隰。大川已导，大泽已潴，则水势杀而原隰平，于是分辨各州的土壤和贡赋的等级，列出所出之物产贡品，并且记各州达冀州的水运贡道，反映了当时以黄河为中心的水路运输网的状况，说明其时水运已较为发达。

第二部分记名山和大川，分别题为"导九山"和"导九川"。在导山中将山脉分为北条、中条和南条三条。北条为黄河以北诸山；中条为黄河以南、长江以北诸山；南条为长江以南诸山。南条最简略，这与当时长江以南开发不够，人们对其地理状况知之较少有关。导水记述的大川共有九条：弱、黑、河、漾、江、沇、淮、



渭、洛水九川。其中弱、黑水西流，余七水皆东流，河、泲、江、沇、淮都入于海，渭、洛入于河。以叙述河水最详，下游“播为九河，同为逆河，入于海”。记述了黄河下游未筑堤以前漫溢泛滥，分为多支，在较大范围摆动，海潮顶托倒灌，以“逆河”的状态入海。所记最南者为长江，可见禹治水到长江流域而止。

第三部分记水土平治后，根据土壤等级定赋，划行政区封国。政区分甸服、侯服、绥服、要服、荒服五服。甸服为帝畿，其周围为侯服，即封建诸侯，更外为绥服、要服、荒服。这时的疆域，“东渐于海，西被于流沙，朔、南暨，声教讫于四海”。于是“禹锡玄圭，告厥成功”。反映了作者要求大一统的政治愿望。

《禹贡》实际是一篇古老的地理著作，以战国时的地理知识，加上大一统的理想，假托大禹治水措施而写成。又由于列入《尚书》，成为封建社会的经典著作，故备受尊崇。其反映的地理知识和地学思想都是很珍贵的，成为研究古代地理和水利的必读之书。但历史上有些人将它奉为经典，认为所记全部是真实的，不顾后代情况的变化，谈治河和水利方针时一味遵循《禹贡》，要求“按经义治水”，这是《禹贡》影响的另一方面。因此，采取科学的态度研读《禹贡》，才能对大禹治水和先秦水利，及其技术水平做出正确的评价和结论。

（二）《周礼·职方氏》

《周礼》一书，有称是西汉末刘歆为王莽篡汉而伪造，有谓作于周公的。但《汉书·艺文志》有《周官经》六篇，则此书原名《周官》，刘歆奏请列之于经，才称《周礼》。今人认为出于战国时人之手，故《周礼·职方氏》成书时代比《尚书·禹贡》稍晚。考此书中的官名，至迟不出春秋之世周王室及鲁、郑、卫三国的官制范围，但各官职掌有同于战国者。

《周礼》中的职方氏是夏官司马下的属官，掌“天下之地，辨其邦国都鄙，四夷八蛮七闽九貉五戎六狄之人民与其财用，九谷六畜之数要，周知其利害”。其设想的行政区域也为九州，与《尚书·禹贡》略有出入，多幽、并二州，而无《禹贡》的徐、梁二州，说明对海河流域较为注意。职方氏“乃辨九服之邦国”，九服的范围比《禹贡》五服扩大，所指疆域更大。文中载有各州的山镇、泽薮、大川、特产、家畜、农作物及男女比例，还专列出一个“浸”。浸是有灌溉之利的河湖，这反映了战国时分布于各地区的主要灌溉区，这些灌区与其他文献的记载是相符合的，后代灌溉水利多在此基础上继承和发展。《周礼·职方氏》实际是对战国时灌溉水利状况做了简要总结（详见本章第二节），指出了当时利用地表水资源的总体状况，表明了作者具有相当宽广的视野。

（三）《管子·度地》

《管子》一书是管子学派辑集管子的政治主张和思想言论加以发展而成，经过了较长时期的积累，大部分篇章成于战国时期，个别篇章晚至汉代才写成。《度地》篇大致可定为战国时的作品。这时水利事业大发展，尤其兴建了许多灌溉水利工程，在灌溉渠系的勘测、规划、设计、施工和管理等方面，积累了丰富的经验，并由此产生了初步的理论认识，故有人称：“《管子·度地》是我国现存最早的水利技术理论著作。”[38]这些水利技术理论是作为管子治国安邦的思想体系的一部分被载入《管子·度地》的，这就更显得这些技术理论的重要性了。



《管子·度地》首先提出“善为国者必先除其五害”。所谓五害，指水、旱、风雾雹霜、疠（瘟疫）和虫五种灾害。“水最为大，五害既除，人乃可治。”消除水害的方法是在掌握水流规律的基础上，通过兴修水利工程来达到的。

文中接着对地表水源进行分类，提出对经、枝、谷、川、渊各级地表水进行规划和利用的问题，为此又要认识水的运动规律。篇中叙述了无压明渠流和有压管流的水流现象和运动规律。为控制水流使之流向东西南北及高处，故要“高其上，领瓴之”，即将渠首布置在高处，或修筑堰坝，抬高水位。这一“高其上，领瓴之”的技术思想，可谓灌渠渠首布置中的一项重要原则，对灌渠的修建，作用巨大。又修建渠道要选择合理的坡降，使渠道保持不冲不淤的状态。还要避免河流弯道处水流对河床和河岸的冲淤破坏，遂对环流的水力现象做了清晰的描写。这些说明当时已掌握了一定水平的水力学知识。

《管子·度地》还总结了堤防工程技术经验，提出了堤防施工的最好季节，考虑到土料含水量和筑堤质量的关系，以及农事忙闲的因素。对堤防横断面的合理形状和种树护堤提出要求，体现了当时土力学知识达到的水平。

文中对水利工程的施工组织和管理也有具体的记载。一是要设置水官。“令习水者为吏”，负责治水事宜，并派若干名“都匠水工”，专司河渠及其他土木工事的技术问题。水官的职责是：“冬时行堤防，可治者，章而上之都，都以春少事作之；已作之后，常案行。堤有毁作，大雨各葆其所，可治者趣治，以徒隶给。”即调查情况，将需要做的工程向政府报告，待批准后实施；工程修筑后，要常检查维修，尤其大雨时要组织人护堤。二是选好水利工程的施工季节。《管子·度地》认为“春三月”最适宜施工。此时天地干燥，山川涸落，施工方便；春暖解冻，土脉和解，“土乃益刚”，堤岸能筑得坚固；“故事已，新事未起”，农活不忙。而夏秋农事忙，雨水多；冬季寒冷，泥土冻结，“土刚不立”，都不适宜施工。三是规定了劳动力的征集，施工器具和物料的准备，以及赏罚制度等。秋末检查人口、土地之数，为抽调壮劳力上河工作准备。到了冬天，治河渠民工要准备好筐、锹、板、夯、土车、防雨棚车、食具等用具，水官要预先备好柴草和埽料。还订有奖惩制度，“故常以冬日顺三老、里有司、伍长、以冬赏罚，使各应其赏而服其罚”。说明当时已有配套的施工组织和管理制度，水利施工水平已较高。

二、《史记·河渠书》和《汉书·沟洫志》

《河渠书》是我国第一部纪传体通史《史记》的八书之一。主要记述了上自大禹治水，下至西汉元封二年（公元前 109 年）之间的重要水利事项和工程状况，及之后“用事者争言水利”、“决渎通沟”等水利史实。《史记·太史公自序》说到写《河渠书》的要旨：“维禹浚川，九州攸宁，爰及宣房，决渎通沟，作《河渠书》第七。”故而写成水利专著《河渠志》。此“志”成为我国第一部水利通史，为以后正史设置河渠志专篇树立了典范。

司马迁作《河渠书》，是因深切地体会到“水之利害”与国计民生的关系至为密切。他在《河渠书》尾末感叹说：“余南登庐山，观禹疏九江，遂至于会稽太湟，上姑苏，望五湖；东窥洛汭、大伾、迎河、行淮、泗、济、漯洛渠；西瞻蜀之岷山及离堆；北自龙门至于朔方。曰：甚哉，水之为利害也！余从负薪塞宣房，悲



瓠子之诗而作《河渠书》。”他通过实地考察，对兴修河渠工程，变水害为水利，有着深切的体会，感受到由国家集中人、财、物力兴建大型水利工程的巨大作用，相信人们能依靠自身的力量变水害为水利。故《河渠书》以浓重的笔墨记述了各项水利事业及对农业生产和经济发展所起的促进作用。

比《河渠书》较早的一些古代文献，如《管子·禁藏》、《吕氏春秋·孝行览·慎人》等提到“利在水”、“取水利”等，皆泛指水产捕鱼之利。而司马迁在《河渠书》中首次赋予“水利”一词以新的含义，“水利”所指包括农田灌溉、治河防洪、开渠通航等专业内容，这一观点为后世所遵循和发展。

《河渠书》所撰内容也是将灌溉、治河、航运三者并重的。

大禹治水是上古以来与水害作斗争的首要大事。《河渠志》摘录《尚书》中有关大禹治水的文字为篇首，“功施于三代”，总结了三代水利。其后以“自是以后”四字展开，对春秋战国至汉武帝时期的水利进行了全面的记述。

所记的人工运河和灌溉渠道：春秋战国时期有鸿沟、邗沟、扬水、淄济运河、离堆（都江堰）、引漳水渠、郑国渠等。许多人工运渠“皆可行舟，有余则用溉浸，百姓飨其利。至于所过，往往引其水益用溉。田畴之渠，以万亿计，然莫足数也”。这一时期是大兴水利的一个高潮期。西汉武帝时，又掀起一个兴修水利的高潮。文中记述了关中漕渠、河东渠、褒斜运道、龙首渠等的修建。特别是元封二年（公元前109年）塞瓠子决河后，“用事者争言水利”。这时引水灌渠的兴修除关中地区外，还扩展到西北河套和河西走廊地区，“朔方、西河、河西、酒泉皆引河及川谷以溉田”；东到东海之滨，“东海引钜定，泰山下引汶水”；南到淮河流域，“汝南、九江引淮”。这些灌渠工程规模皆很大，“溉田各万余顷”。其他小渠更是不可胜言。司马迁在《河渠书》中对渠道修筑的原因、规模、作用和效益皆有记述，为后人提供了宝贵的资料。

所记的防洪治河活动有两次：一次是文帝十二年（公元前168年）河决酸枣（今河南延津西南），东溃金堤，很快被堵塞了。一次是武帝元光三年（公元前132年）河决瓠子（今河南濮阳西南）。这次河患为时长达23年，泛滥十六郡，灾害损失很大，“岁以数不登，而梁、楚之地尤甚”。梁、楚之地即今豫东、鲁西和淮北平原，是当时社会经济最发达的地区之一。由于堵口工程的艰难，及丞相田蚡的阻挠，直至元封二年才塞决口。武帝亲临决河，“令群臣从官自将军以下皆负薪填决河”。司马迁也参加了这次塞决工程，感受很深，故记载甚详细。

从《河渠书》的记载也能了解一些水利工程的技术情况。但因为《史记》是史书，故《河渠书》篇在叙述时侧重于史，反映水利建设概貌比较全面，对水利工程技术表述不详，然而当时有些重要技术仍靠《河渠书》才得以记载下来。如记述郑国渠工程，“凿泾水自中山西邸瓠口为渠，并北山东注洛三百余里”。短短的22个字，把郑国渠的工程类型（无坝引水渠道）、水源（泾水）、渠首段（中山西邸瓠口）、干渠布置（沿北山山脚东注）、干渠长度（300余里）、干渠终点（洛水）大体记录下来，为后人研究郑国渠工程技术提供了重要的依据。又如记述龙首渠，“自征引洛水至商颜山下，岸善崩，乃凿井，深者四十余丈。往往为井，井下相通行水。水颓以绝商颜，东至山岭十余里间。井渠之生自此始”。对龙首渠的



井渠技术作了记载，并肯定了“井渠法”为龙首渠首创。

《沟洫志》是我国第一部纪传体断代史《汉书》的十志之一，体例继承《史记·河渠志》。

《汉书·沟洫志》前半部几乎全抄《史记·河渠书》，仅有少数几处不同，如引漳水溉邺，《河渠书》记创始人为西门豹，而《沟洫志》则记为史起创修，根据的史料来自《吕氏春秋·乐成篇》。“用事者争言水利”段，《河渠志》载有关中辅渠、灵轵渠，而《沟洫志》多成国渠、沣渠。由这可推知此二渠修建年代在《史记》成书后。又《河渠志》仅提一下辅渠的名，《沟洫志》称为六辅渠，记述了此渠的修建年代、功用及当时的时代背景。对白渠的修建年代、主持人、工程状况、效益亦作了记载。

《汉书·沟洫志》的后半部分是专讲治理黄河之事的，对武帝中期至王莽时期的黄河河道状况、河患灾害、防洪抢险、治河工程和治水方略记载较详，所记的实践经验和理论认识都较有价值，为以后两千年封建社会的治河奠定了大致的方向和策略，特别是贾让的“治河三策”对后世影响最大。

三、《水经注》

《水经注》是一部系统记述河道水系和水利为主的历史地理名著，北魏郦道元撰，成书于公元6世纪初。

《水经注》以《水经》为纲。此《水经》一般认为成书于三国初期，著者姓名已不可确考[39]。《唐六典》卷七“注”称：“桑钦《水经》所引天下之水百三十七，江河在焉。”“郦善长（郦道元字善长）注《水经》引其支流一千二百五十二。”《水经注》记述的水道比《水经》增加近十倍，而实际今本所记水道达五千多条。《水经注》全书40卷（原书在宋代已遗失5卷，现存本40卷是后人分割凑成），约40余万字，而《水经》不到10 000字，字数增加了近40倍。《水经注》所引用的书籍达437种之多，还转录不少碑刻材料。所以它已不是单纯的注疏之作，而是颇具功力的再创作。

《水经注》的内容十分丰富。它以《水经》所列水道为纲，详加注释。清初学者刘献廷说：“郦道元博极群书，识周天壤，其注《水经》也，于四渎百川的源委、支派、出入、分合，莫不定其方向，纪其道里。数千年之往迹故渎，如观掌纹而数家宝。更有余力铺写景物，片语只字妙绝古今，诚宇宙未有之奇书。”[40]全书叙述的范围极广：东北到鸭绿江，东到大海，南到中南半岛，西部到印度，西北到伊朗、里海，北到大沙漠。书中详细地记载了公元6世纪以前我国水系的分布情况及水道的变迁，条理分明地把每条水道的源出、流向、归宿、分支、湖泽，及它们的位置、变化展示出来。详细记录了水道流经地区的地形、土壤、物产、山陵、原隰、城邑、关津等，全面叙述了地区形势沿革，有关历史事件和人物。特别记载了河道上的水利工程、水利技术和灌溉面积等情况，还记载了工程兴废、水利历史、洪枯水情等。该书引证的历史文献至今大部已散失。因此，这些记载为各学科，如历史、历史地理、水利史、古文学等研究公元6世纪前的情况，提供了宝贵的资料，故《水经注》历来受到人们的重视。

《水经注》中较详细地记载了北魏以前的许多水利工程，其类型有沟渠、陂



湖、堰坝、堤防、斗门、海塘等，涉及水利的灌溉、防洪、航运、城市水利等门类。对水利工程技术也较为注意，尤其是引证的碑文中，具体记载了工程的勘测、设计、结构、施工、管理等情况，这些珍贵的工程技术资料，为研究当时的水利技术提供了方便。

《水经注》记载的灌溉工程很多。有名的人工渠道：如卷一〇《浊漳水注》记载的引漳水渠，既有兴修过程，还记载了“墱”、“水门”等水工技术。卷一六《沮水注》记载的郑渠，卷一九《渭水注》记载的成国渠，赖《水经注》得知其渠道的具体布置和流路。卷一四《鲍丘水注》记载的车箱渠，从工程勘测、设计、施工、竣工以及其后的维修所记皆较详细。卷三三《江水注》记载的都安大堰即都江堰工程，是除《华阳国志》外，记载最为详细的。甚至西北地区的灌溉工程也多有记述。西北灌溉水利的大规模开发始于汉代，而且是配合军事屯田兴修的，内地的水利工程技术也随之传入边疆。《水经注》卷二《河水注》记载汉代索励在楼兰屯田，筑有“横断注滨河”的大工程，建坝截河灌溉，这种方法首次传入新疆，故当地人“称神”，甚为惊奇。

《水经注》记载的陂湖，据统计约有270余处，其中一些是天然湖泊，但也有不少是人工筑堤拦蓄而成的水库。这些陂湖以淮河、唐白河流域分布最多。如卷二一《汝水注》记载了汝水两岸的陂湖工程20余处。卷二二《颍水注》记载了近10处。卷三〇《淮水注》记载了20余处。这些陂塘不少通过水道互相沟通串联，反映了淮河中游古代灌溉工程的特色。卷三一《淯水注》记载六门陂“下结二十九陂”，也反映采用了陂渠串联的技术。《水经注》还记载了一些大型水库。如卷二四《睢水注》的滭陂，“南北百余里，东西四十里”；卷三二《肥水注》的芍陂，“陂周百二十余里”；卷三〇《淮水注》的鸿隙陂，“起塘四百里”；卷四〇《渐江水注》的长湖，“湖广五里，东西百三十里”。郦注还记载了陂湖上的许多建筑物，如堰、堨、水门、石逗等，说明了这些建筑的作用。如水门是控制陂湖蓄泄，放水灌溉农田的重要水工建筑物。《水经注》记芍陂“陂有五门，吐纳川流”；长湖“沿湖开水门六十九所，下溉田万顷”等。

《水经注》记载的防洪工程也不少。尤其对黄河的堤防工程，记载最为详细。如东汉时著名的王景治河，在卷五《河水注》、卷七《济水注》和卷二四《瓠子河注》中都有记载。除记载王景治河的过程外，还指出了具体的口门位置等，这些对研究当时黄河的河道与治理技术皆有帮助。此外，《河水注》和《济水注》还提到为保护汴口安全，于黄河上筑八激堤，“于岑于石门东积石八所，皆如小山，以捍冲波”。八激堤类似现今的挑流建筑物。除黄河堤防工程外，在卷二八《沔水注》中还谈到了“江堤”，可知当时长江中游已筑有堤防。我国沿海为防海潮的侵袭，很早就修筑有海塘。卷四〇《渐江水注》引《钱唐记》载有“防海大塘”，对这一海塘，郦注记载最早，成为海塘建筑史的有用资料。

《水经注》对运河航运工程很注意，记载了许多人工开凿的运河。沟通江淮之间的有韩江，即邗溟沟或邗沟，卷三〇《淮水注》对其开凿原因、经过路线都做了记述。记载的黄、淮之间的人工运河有蒗荡渠（渠水）、广漕渠（贾侯渠）、桓公渎等，对黄、淮之间川渠交错的分布状况，一一记述了它们的分合、流经。黄河



与海河之间的运河，卷六《汾水注》记载了开凿呼沱石臼河工程的艰难，施工多年最终失败的经过。曹操开凿的运河，郦注中共记载四条：卷九《淇水注》载有沟通淇水和清水的白沟；卷一〇《浊漳水注》的利漕渠，沟通清水和浊漳水；卷一〇《鲍丘水注》的泉州渠，沟通鲍丘水和沟水；卷一四《濡水注》的新河，沟通沟水和濡水，也记有一些运河工程技术。此外，郦注中还有整治河道以利航运的记载。如卷二〇《漾水注》记有东汉虞诩整治沮县与下辨间河道的经过，采用了"烧石�木"，使岩石温度升高，然后浇以醋或冷水的施工方法。这种施工方法在卷三三《江水注》中也有记载："崖峻阻险，不可穿凿，李冰乃积薪烧之。"战国时李冰已采用此法。

《水经注》中对城市水利的记载也甚多。最详细的有卷一六《谷水注》的洛阳水利和卷一九《渭水注》的长安水利。从记载可知这两座城市水利系统完整庞大，水利化程度高，工程技术设施先进。又卷十《浊漳水注》记载的邺城水利和卷四〇《江水注》的成都水利，都是开渠引河流之水入城，水利功能包括给水、灌溉、航运、防洪、以及美化环境等很多方面。卷六《晋水注》记载的晋阳水利和卷八《济水注》的历城（今济南市）水利，它们的特点是以泉水为源，城市水利与泉水风景区相结合。卷三二《肥水注》记载的寿春水利，其城市水利的特色是与大水库工程芍陂相联系，反映了古代城市把陂湖纳入水利规划之中的特点。可见，《水经注》中记载了各种类型的城市水利工程，其水利技术成就很是出色。

郦道元撰写《水经注》，是因深感以往的地理著作，如《山海经》、《禹贡》、《周礼·职方氏》、《汉书·地理志》等都失之简略，其他都赋一类作品因体裁限制，不能畅述达意，而《水经》，"虽粗缀津绪，又阙旁通，所谓各言其志，而罕能备其宣导者矣"[41]。所以他"寻图访赜"，下工夫搜集研究文献资料，还实地"访渎搜渠"。于是"布广前文"，对《水经》详加注释，全面细致地记述了水道的历史地理变迁。由于当时南北分裂，郦道元受个人经历所限，在记述上北方的内容比较全面详细，而南方的内容较粗略，也不免有讹误之处，但这并不影响这本书的价值。从水利史研究的角度来说，《水经注》确是记载中国公元6世纪以前水利工程及技术之集大成的著作，值得好好地进行研究。

参考文献

〔1〕《史记》卷一一九《循吏·孙叔敖列传》。

〔2〕《吕氏春秋·赞能篇》。

〔3〕乾隆《固始县志》卷一《水利》、同治《霍丘县志》卷一《舆地志·水利》。

〔4〕武同举：《淮系年表一·唐虞夏商周秦》。

〔5〕《史记》卷一一九《孙叔敖列传》裴骃《集解》引《皇览》。

〔6〕南宋·洪适：《隶释》卷三。

〔7〕汉·王充：《论衡·率性》"魏之行田以百亩，邺独二百"。

〔8〕《史记》卷一二六《滑稽·西门豹列传》。

〔9〕《汉书》卷二四《食货志》。

〔10〕《淮南子·人间训》记载：邺令西门豹对魏文侯说："臣故蓄积于民……臣请升城鼓



之，一鼓甲兵粟米可立具也。”

〔11〕《华阳国志》卷三《蜀志》。

〔12〕《淮南子·泰族训》。

〔13〕光绪《灌县乡土志》卷二载：“书曰：岷山导江，东别为沱。神禹当日导江而下，其别为沱者，绕离堆山麓，然后折而东去，故虽有别出水沱，而灌溉不周，以沫水淹没，民受其害，自离堆凿，而沱水畅流。”此处沱江，一说即今郫江的前身，一说即今毗河。

〔14〕《水经注》卷三三《江水一》僰道“县有蜀王兵兰，其神作大难（滩）江中，崖峻阻险，不可穿凿，李冰乃积薪烧之”。

〔15〕《水经注》卷三三《江水一》。

〔16〕以上皆见《华阳国志》卷三《蜀志》。

〔17〕在望川原凿山崖度水事应为后汉时。《后汉书·郡国志》蜀郡广都条注引任豫《益州记》谓：“县有望川原，凿石二十里，引取郫江水灌广都田，后汉所穿凿者。”则《水经注》将后汉所凿望川原与李冰筑陂池事合叙之。参见杨守敬《水经注疏》。

〔18〕《水经注》卷三三《江水一》引《风俗通》。

〔19〕《汉书》卷二九《沟洫志》。

〔20〕《汉书》卷八九《召信臣传》。

〔21〕《宋史·河渠志五》记载，宋代熙宁五年（公元1072年）御史张商英议：开邓州穰县北面的永国渠，引湍水灌溉民田的意见，“失召信臣故道，凿焦家庄，地势偏仰，水不通流”。则湍水北岸召信臣时也有灌渠。

〔22〕杨守敬《水经注疏·比水》引《一统志》。

〔23〕《晋书》卷三四《杜预传》。

〔24〕《周礼》一般认为是战国时作品，此书原名《周官》，至刘歆始改称《周礼》。其官制为周王室和战国时各国的，可作为春秋战国的史料。

〔25〕《荀子·儒效》：“武王之诛纣也……至共头山而山坠，相食于戚，暮宿于百泉，旦掩于牧之野。”

〔26〕汉代卫宏《诏定古文官书序》说：“秦既焚书，患苦天下不从所改更法，而诸生到者拜为郎，前后七百人，乃密令各种瓜于骊山坑谷中温处，瓜实成，诏博士诸生说之，人人不同，乃令就观之，为伏机。”载《史记·儒林传序“正义”》。

〔27〕《汉书》卷八四《翟方进传》颜师古注。

〔28〕《汉书》卷八四《翟方进传》。

〔29〕《后汉书》卷二九《鲍昱传》。

〔30〕《桓子新篇·谴非篇》。

〔31〕《汉书·翟方进传》说到鸿隙陂首次被废，是因“方进请陂下良田不得而奏罢陂”。有人认为翟方进是一位秉公执法的丞相，他在与外戚王氏的斗争中被成帝赐死，王莽篡政后，乘大旱之机，宣扬败坏翟方进的舆论，归恶之言才兴传。详见刘啸《我国古代著名的水库鸿隙陂》，《史学月刊》，1983年第2期。

〔32〕《三国志》卷二八《魏书·邓艾传》。

〔33〕《晋书》卷三《武帝纪》。

〔34〕《晋书》卷二六《食货志》，下面引文如没有注明出处的，同出该《食货志》。

〔35〕《晋书》卷五一《束皙传》束皙是司空张华的属员，以上建议在张华当司空之时。

〔36〕《魏书》卷五六《崔楷传》。

〔37〕西周说：辛树帜《禹贡新解》（农业出版社，1964年）提出“禹贡成书年代，应在西周的文、武、周公、成康全盛时代，下至穆王为止。它是当时的太史所录”。春秋说：王成组



《中国地理学史》上册（商务印书馆，1982 年）。战国说：顾颉刚《禹贡（全文注释）》（载《中国古代地理名著选读》，科学出版社，1959 年）主张“它是公元前三世纪前期的作品，较秦始皇统一的时代约早六十年”。

〔38〕武汉水利电力学院《中国水利发展史》编写组：《〈管子·度地篇〉是我国现存最早的水利技术理论著作》，《力学》1977 年第 3 期。

〔39〕唐代李吉甫注《唐六典》，提出《水经》为桑钦所撰，此后学者多宗其说。据《汉书》卷八八《儒林传》桑钦为西汉末年人。郦注《水经》应是在桑钦《水经》的基础上经过东汉、三国魏初的不断增删改订而成。

〔40〕清·刘献廷：《广阳杂记》卷四。

〔41〕《水经注》郦道元自序中语。



第三编
水网圩田和挡潮工程技术的发展（隋唐宋元）

公元581年，杨坚取代北周建立隋朝，并于公元589年灭陈。继隋之后的唐朝政治经济制度基本承袭隋制，并在隋奠定的基础上发展强大起来。唐朝堪称是我国封建社会的盛世，疆域和势力范围比汉朝更大，并实行比较开放的国策，因此促使了内地技术向边疆的传播和中外技术的交流。唐朝的政治比较清明，实行有利于生产的经济政策，施行均田制，奖励垦荒，推行租庸调制，减轻农民负担，兴修水利，扩大农田灌溉面积，于是促进了农业经济的恢复和发展。到开元时，社会经济进入全盛期。杜甫在记述开元时情况说："忆昔开元全盛日，小邑犹藏万家室，稻米流脂粟米白，公私仓廪俱丰实。"[1]

农业经济的发展很大程度上与水利的兴修有关。隋代在水利上着重开凿修建大运河，改善南、北两大经济区之间的交通，农田水利方面只在黄河流域从事一些修复工程。唐前期不仅重视黄河流域灌溉工程的修建，对南方地区的水利也给予较多的关注，工程技术多有改进，尤其是位于长江上、下游的成都平原和太湖平原灌溉工程建树最多。

"安史之乱"（公元755～763年）是唐代由盛转衰的转折期，这期间战火遍及黄河中下游地区。安史乱平，河北、山东又被藩镇所据。战争的破坏，使北方农业经济急遽下降，而南方相对安定，大批北人南移，人口迅速增加，为南方带来了大量的劳动力和先进的农业技术。这时朝廷的财政收入基本依靠南方地区，故重视南方的开发，于是出现大规模开拓长江流域低洼平原和丘陵山地水土资源的态势，促进了南方经济的发展，全国经济重心逐渐南移。

五代十国（公元907～960年）的局面是唐后期藩镇割据的继续，游牧民族沙陀突厥等也参与争战，北方战乱不停，社会经济萎缩衰落，几无水利兴修可言；南方则较为安定，吴越等国在本国境内兴修水利，努力发展农业生产，加强了南方经济的优势。

从中唐至五代时期，南方农田水利蓬勃兴起，适宜于南方地理环境的各种水利工程形式大量涌现，平原洼地多兴建水网圩田，丘陵高亢平原则以兴建陂塘为主，东南沿海地带则构筑逶迤壮观的海塘以及各种有效的挡潮蓄淡工程，技术水平大为提高。这些水利工程的兴建有力地提高了南方农业生产的水平。

公元960年，宋朝建立，结束了五代十国历时50余年的割据局面，但未能完全实现全国的统一。契丹、党项、女真等少数民族分别在我国的北部、西北、东北建立了辽、西夏和金政权，他们和宋长期对峙和斗争。宋朝对外消极防御，苟安求和，对内加强中央集权，严防内变，又"不立田制""不抑兼并"，发展土地私有制。这一基本国策对农田水利建设的布局、形式以及经营方式等皆有深刻的影响。



北宋时总的来说和平多于战争，社会生产有很大提高，北方古渠旧堰得到修复发展，工程技术多有改进。特别是熙宁期间为了改变“积贫积弱”的局面，以求“富国强兵”，兴起变法改革运动，鼓励献计献策兴修农田水利，形成农田水利建设热潮[2]，积累了不少工程技术经验。

公元1127年金人攻破汴京（今河南开封），宋王室南渡，建都临安（今浙江杭州），史称南宋。此时出现了历史上再一次大规模南徙浪潮。南方人口大量增加。江、浙、湖、湘、闽、广各地“西北流寓之人遍满”[3]。东南地区耕地不足，人们只得与水争田，与山争地，并对农业生产讲究集约经营，更加重视兴修水利。《宋史·食货志上一》称：“大抵南渡后，水田之利，富于中原，故水利大兴。”低洼区的圩田与河网，山丘区的梯田与塘坝水利，滨海区的涂田与挡潮蓄淡工程，及它们的技术，在原有的基础上取得了长足的发展，农田水利的兴修还从长江流域大步向珠江流域推进。“南盛北衰”的经济态势日益突出，我国经济重心南移的过程最终完成。

元以蒙古族入主中国，公元1234年灭金，公元1279年灭南宋。统一中国大地后，摈弃了游牧民族的畜牧生产方式，及时施行以农桑为急务的生产方式，设立司农司，颁布《农桑之制一十四条》，劝导发展农业生产和兴修灌溉水利，北方灌溉工程得到恢复，南方大量兴建中小塘堰，工程技术也有进步。元代国家疆域大为扩展，这有利于民族文化和科学技术的交流，促使边地农田水利工程和技术有了较大的发展。

总的来说，隋唐宋元时期灌溉工程技术取得了很大的进步，突出的成就有：

1. 太湖平原建成塘浦圩田系统，积累了丰富的治水经验，提出了不少治水论说。

2. 形成了较为丰富的圩田水利工程技术经验。

3. 呈现出多种形式的海塘塘工技术和拒咸蓄淡堰闸技术。

4. 实施了大规模引浊放淤的技术。

5. 陂塘堰坝和引水渠系技术做了很多改进。

6. 翻车、筒车等灌溉排机具有了长足的进步和水则碑的大量设置。

7. 产生了丰富的水利科技历史文献等。

可见，与社会经济的发展趋势相一致，灌溉工程技术亦以适应南方地理环境的工程技术发展最快，成为这一阶段的明显特征。



第一章
水网圩田

我国在低洼平原开挖河道，筑堤围田的历史很是悠久。春秋战国时期太湖平原已有开发浅沼、筑堤围田的迹象，汉代开始局部修筑太湖湖堤，六朝时期开挖了众多的通江塘浦。但大规模建设水网圩田是在中唐以后，至五代吴越时期，太湖平原形成了水网圩田的系统格局，这是我国人民开发低洼地区水土资源的独创工程技术，足以与北方大型灌溉工程技术相媲美。宋代，尤其是北宋中期以后，南方圩田在长江中下游的沿江滨湖地区、珠江三角洲等地得到广泛的发展，积累了许多筑圩技术经验。但是在两浙、江东地区，由于大肆围湖占江，造成围垦与水利的尖锐矛盾，由是促使人们去探讨湖区如何合理围垦以及综合利用水土资源的问题，提高了对湖区开发与治理的认识。

第一节　低洼平原水网圩田的发展

我国南方最大的平原为长江中下游平原，平原大体由两湖平原、鄱阳湖平原、皖中平原和长江三角洲等组成，境内河道纵横，湖泊众多，地势低平，易遭洪涝威胁。与此相类似的较小平原有珠江三角洲，也是地势低平，河道纵横的平原。这些平原在未开发前，许多土地处于江河洪枯水位之间，沼泽相连，低下潮湿，农业生产的条件较差，加上人口稀少，劳动力不足，故很长时间内开发不够。唐代中叶以后，南方人口剧增，耕地渐感不足，除开山扩大土地外，人们转向开垦低洼平原，采用圩田工程技术，着重解决洪涝问题。以太湖平原用力最多，次为皖中平原，珠江三角洲也开始修筑堤围工程保护农田，而两湖平原和鄱阳湖区筑堤围垦则到明清时期才盛行。

一、水网圩田及其技术发展的社会背景

长江中下游平原，以及珠江三角洲是由河、湖或海中泥沙长期冲积沉积而形成的，土壤肥沃，一经开发，其优越的自然资源潜力就得到发挥，农作物产量普遍较高，故被誉为“鱼米之乡”。唐宋以后采用水网圩田工程技术大力开发这些低洼平原，是有其深刻的社会原因的。

（一）有较为安定的社会环境

唐朝以前，关中和中原地区一直是我国政治、经济、军事和文化的中心，因此，历史上的政治动乱和战争破坏，大多发生在北方地区。另外，由于民族和文化的不同，历史上北方的民族冲突表现得十分剧烈。我国北方有着广袤的大平原，边境地区无天然大山和河流作屏障，当发生战争时，习惯于骑马的少数民族便能长驱直入。而长江以南地区有宽阔的长江“天堑”作防御，北方战火的漫延，往往到江而止。历史上南北分裂时期，战争基本在长江以北地区进行，江南能保持相对安定的局面。



如中唐时发生“安史之乱”，北方地区成为涂炭的战场，社会经济遭到极其严重的破坏。当时郭子仪说：“洛阳自大盗以来，焚埃略尽，百曹榛荒，寰服不满千户，井邑如墟，豺狼群嗥；东薄郑、汴，南界徐，北绵怀、卫及相，千里萧条。”[4]后来的藩镇割据，北方大部又陷入长期的动荡不安的局面之中。所以中唐以后，北方灌溉工程明显减少。而南方广大地区未直接遭受战祸，政局相对稳定，为兴办农田水利、发展农业生产提供了比较安定的环境。据统计：如以天宝十四年（公元755年）为界，将唐代分为前后两期，唐前期137年，兴修农田水利工程151项，唐后期152年，只兴修85项。正如清代著名学者顾炎武所说：水利工程“（《唐书·地理志》）所书，大抵在天宝以前者居十之七。岂非太平之世，吏治修而民隐达，故常以百里之官而创千年之利；至于河朔用兵之后，则以催科为急，而农功水道有不暇讲求者欤！[5]”然而南、北方的情况则有很大的不同，形成明显的反差：唐前期北方兴修农田水利工程102项，占到全国的67%以上，而唐后期相反，南方兴修农田水利工程65项，占到全国的76%以上，其中江南道兴建工程最多，有45项，约占53%。[6]

又如五代仅54年，北方就更换了五个王朝，政权极不稳定，黄河中下游地区大小战争接连发生，杀人如麻，北方户口大减，社会经济遭受极大破坏。更有甚者，还人为制造黄河水灾，以水代兵。人为的破坏，加上水利不修，故五代时黄河水患频繁。据统计，五代50多年，黄河决口及其他水灾达24次之多。但南方诸国内部相对稳定，社会较为安宁，为保境自安，一般较为注意发展农业生产。特别是据有浙江全境及太湖以东十三州之地的吴越国，国势较弱，因此力求自保，对外采取和睦政策，对内努力发展生产，并用国家的力量统一组织兴修和管理圩田水利，因此太湖平原的塘浦圩田系统更加完善和巩固，为后人积累了宝贵的圩田治理经验。

宋元时期南方归于统一，政治环境安定，农业生产不断发展，对水利提出了更高的要求，作为国家财赋之地的东南地区，水网圩田及治水技术又有不少进步。

（二）人口大为增加，提供了较为充足的劳动力

从事农田水利工程，面广量大，没有充裕的劳动力是难以进行的。长江中下游地区虽然开发甚早，但大部分地区“地广人稀”，因劳动力的缺乏，长时期处于待开发的状态。据《汉书·地理志》人口记载统计，汉平帝元始二年（公元2年），居住在淮河和秦岭一线以北的人口，有973.7万户；而以南的人口仅256.7万户，南方的人口只占当时全国总数的20.86%。后来，经东汉末政治集团的混战、西晋末年的“永嘉之乱”、唐朝中期的“安史之乱”和北宋末年的“靖康之难”等，北方老百姓多次大批集中南徙，南方人口才逐渐增加。人口的增加，提出了开辟更多土地的要求，又为兴修农田水利工程，开发利用水土资源提供了较多的劳动力。

东汉末和西晋末年北方民众南迁后主要开发江南的丘陵和高亢平原。唐中期后南方人口增加较快，尤其在长江以南沿江地区增加最多。如苏州，据《元和郡县志》记载：开元十八年（公元734年），苏州有68 093户，到元和五年（公元810年）前后增至10万余户。于是中唐后，地势低的苏州一带可以组织人力修筑众多的塘浦堤岸，圩田水利技术得到运用和推广。



北宋时南方人口逐渐接近和超过北方人口。据《新唐书·地理志》统计，唐代天宝元年（公元742年），全国人口为5 097.5万余人，其中黄河流域为3 042.4万人，占总数的59.68%；长江流域为1 939万人，占总数的38.03%。到宋代元丰三年（公元1080年），据《文献通考》卷一一《户口》统计，全国人口为3 330万，其中黄河流域为1 159万，占34.8%；长江流域为1 945万，占58.4%。从此时起南方人口已稳定地超过北方。靖康之难后，又出现了北人南迁的高潮，南方人口增长更加迅速，尤以两浙地区为显。史称："四方之民，云集二浙，百倍常时。"[7]据统计，两浙路元丰三年人口为322万多人，南渡后绍兴三十二年（公元1162年）人口为432万多人，增长34%。长江以南的江东路、江西路增长也快[8]。华南人口也有较快增加。南徙的除普通百姓外，大批的皇亲国戚、官宦大臣皆举族南渡，还增加了大量的驻军。这样，一方面官僚豪强要霸占土地，大肆围垦肥沃的河湖淤地；另一方面，人口的增加要开辟更多的土地，并为豪强地主提供了许多廉价的劳动力。故北宋后期至南宋时期，两浙、江东等地区筑圩围垦进入兴盛期，大量的水面被围垦，建成不少大圩，形成围田相望的景象。广东地区堤围也有所发展。这样在修筑圩田水利工程中积累了较多的技术经验，圩田工程技术有不少提高。

（三）生产工具的进步，为垦辟低洼地创造了条件

唐代后期江南水田农具有了发展，特别是性能良好的江东犁（曲辕犁）的出现和推广[9]，对耕垦土质黏重、田块较小的水田作用很大。北宋以后龙骨水车在江浙一带普遍应用[10]，解决了低洼地排水灌溉问题，这就为围垦湖沼洼地提供了必要的手段，使圩区水利技术日臻进步。

（四）为保证财赋来源，政府重视和提倡兴筑圩田

唐代"安史之乱"后，藩镇割据于黄淮海流域，形同独立王国，"户版不籍于天府，税赋不入于朝廷"[11]。唐中央政府的财赋主要依赖南方，"以江淮为国命"[12]，故重视江南地区的农业开发。唐政府曾在苏州、嘉禾（今嘉兴）实行大规模的屯垦，于是促进了塘浦圩田水利的建设。北宋时，更是"国家根本仰给东南"[13]。中期以后，因国内外开支增大，为了增加财政收入，故鼓励兴修圩田水利。如庆历三年（公元1043年）诏令兴复圩田等水利。[14]熙宁时，将"修筑圩埠堤防""开导沟洫"，列为《农田水利法》的重要内容。[15]崇宁时（公元1102～1106年）规定兴修圩埠等有功人员，"依格酬奖"[16]。政和六年（公元1116年）又制定了《管干圩岸、围岸官法》[17]。宋室南渡以后，国土丧失一半，为了安置流民，筹集军费和增加朝廷收入，官府组织民众大量兴修圩田，当时大圩、官圩增加不少。绍兴时（公元1131～1162年）规定："应有官圩田州县，通判于衔位带兼提举圩田，知县带兼主官圩田，每岁不得使有荒闲。"[18]官圩的修筑质量较高，这些都带动了圩田水利工程技术的发展。

以上种种因素的综合作用，推动南方圩田的建设向纵深发展，形成浙西围田、江南圩田、浙东湖田、广东堤围等不同地区的圩田水利形式，创造了丰富的水网圩田工程技术。

二、太湖塘浦圩田系统的形成和变化

太湖地区东南临大海，东北枕长江，西北以茅山为界，西南屏天目山脉。其地



形的特点是四周高仰，中部低洼，构成以太湖为中心的碟形洼地，平原洼地占太湖全流域面积的三分之二左右。沿江滨海的碟缘地带为高平原，地势较高，海拔5～7米（吴淞高程，下同）；腹里为水网湖荡平原，大部分海拔3～5米，淀泖、青松洼地低于3米。太湖多年平均水位为3.1米，历史上太湖汛期洪水位常有超过4米的，最高达4.48米（吴江水位）。故太湖以东的平原低地每逢汛期，外河水位高于田面，内水无法排泄，受外洪内涝的威胁很大，此外还受长江口高潮和沿海大潮的侵袭。这样，太湖平原高田地区需开凿河港，引水灌溉，解决干旱问题；低田地区需筑堤作围，防洪除涝，解决淹没问题。否则，农业生产就没有保障。塘浦圩田水利就是在这种自然环境下创造出来的，并与湖堤、海塘工程相配合，组成了一个完整的塘浦圩田水利系统。见图3－1－1－1。

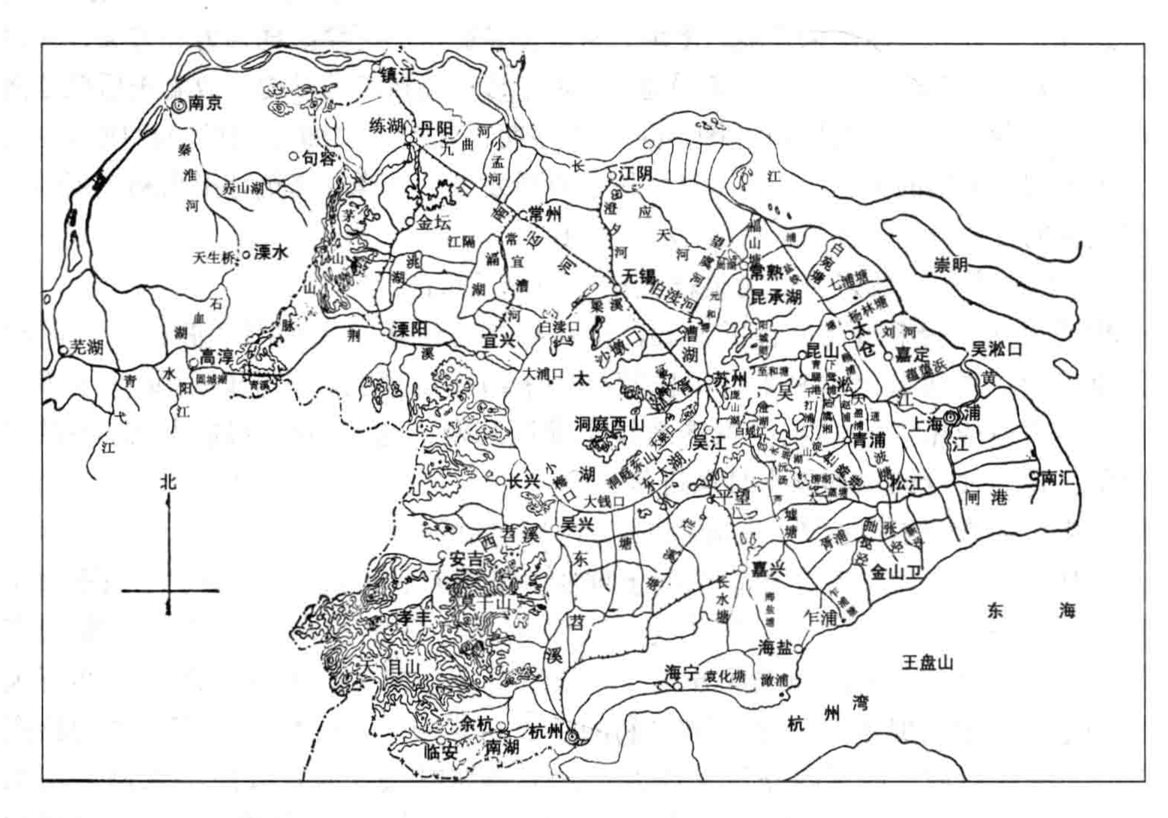


图3－1－1－1　太湖流域图

太湖平原开河筑围的历史很早。相传公元前12世纪，周太王之子太伯、仲雍逃奔江南，建立吴国，在无锡东南开太伯渎，以备旱潦[19]。春秋时吴、越国分治太湖平原，从事治水辟田工作。开凿有胥溪、胥浦、渔浦、棠浦等众多水道[20]，故《史记·河渠志》说："于吴，则通渠三江五湖。"《越绝书·吴地传》载有吴、越在苏州开辟的农田名称。如吴国辟有大疁、鹿陂、胥卑虚、胥主疁等农田，"疁""虚"有四面高中间低之意，"鹿陂"是堤内成田，表明已有筑堤围田的迹象；越国在淀泖地区经营垦殖，灭吴后，在地门外波洋中筑围造田，称"世子塘""洋中塘"等。战国时楚进一步经营吴地，河道开凿增多，同时在江阴、武进、无锡高亢平原，开凿申浦等河，垦拓农田，设置上下屯经营。[21]

汉代沿太湖西南边缘分段兴筑湖堤。在长兴、于越范蠡所筑蠡塘的基础上，又开凿荆塘[22]、皋塘[23]。这类塘，"皆以水左右通陆路也"[24]，是两岸堤路夹河的



水道，外挡洪涝，中通航行，又起排灌的作用。显然，这时太湖西南已向沿湖低地拓展垦殖。

三国吴孙休时，又在太湖西南的长兴筑青塘，此塘从长兴抵吴兴（今浙江湖州市）城北迎禧门外，为长堤数十里[25]。规模较大，能拦截太湖洪水的泛滥，卫护沿堤的良田。东晋时又筑吴兴以东的塘岸，由吴兴太守殷康主持，西起吴兴城，东抵平望镇，长 90 里，称为荻塘，“旁溉田千余顷”[26]。后来太守沈嘉又重加开浚，灌田 2 000 余顷，更名为吴兴塘[27]。荻塘的修筑，促进了太湖南部平原的围田垦殖，为此需要疏浚水道，治理水患。南朝时有两次提出在东南方面开凿入海水道，以减轻吴兴郡的水灾[28]。两次计划虽未实现，但说明吴兴郡已在较快地进行开发垦殖。太湖东部地区六朝时塘浦圩田建设发展也快，如晋太康四年（公元 283 年）设置了海虞县，随着农业经济的发展，梁大同六年（公元 540 年）将海虞县分置出常熟县。其名为常熟县，是因为“高乡濒江有二十四浦通潮汐，资灌溉，而旱无忧；低乡田皆筑圩，足以御水，而涝亦不为患，以故岁常熟，而县以名焉”[29]。这一时期，昆山之东也开有“一十二浦”[30]。由此可见，常熟、昆山一带的塘浦圩田，大致在南朝后期已基本形成了。

唐代，太湖平原的塘浦圩田建设规模盛大，在以往的基础上形成大范围规整的塘浦圩田系统。它的建成与中唐后屯田制的推行密切相关。“天宝之后，中原释耒，辇越而衣，漕吴而食。”[31]唐政府十分依赖太湖地区，因此加强了对这一地区的开发和建设。太湖的东南腹里地势特别低洼，外缘虽较高，但与海相接，许多土地还处于“际海茫茫”的，未经开辟的“榛荒”状态。之前开元元年（公元 713 年）已对东南沿海海塘重筑增修 124 里，形成横亘一线的防海屏障，这就为进一步开发这一地区创造了条件。中唐之后，为恢复和发展农业生产，解决军队供应问题，唐代宗广德时（公元 763 ~ 764 年），在苏州、嘉兴等平原地区设屯开垦。据唐代李翰《苏州嘉兴屯田纪绩颂并序》记载[32]，当时浙西有三大屯区，以嘉禾（即嘉兴）屯区规模最大，设有 27 屯，广轮曲折千有余里，自太湖之滨至东南沿海，环绕着半个太湖都在嘉兴屯区的范围之内。屯区由大理评事朱自勉主之，下建有一套组织机构，“屯有都知，群士为之，都知有治，即邑为之官府。官府既建，吏胥备设，田有官，官有徒，野有夫，夫有伍，上下相维如郡县”，并“有诛赏之政驭其众，有教令之法颁于时”，构成一支有组织，统一指挥的生产大军。屯垦时先兴修水利，“划为封疆属于海，浚其畎浍达于川，求‘遂氏’治野之法，修‘稻人’稼穑之政”。在广阔的土地上进行规划，开浚畎浍通川，高低分治，用“遂氏”之法治旱地，“稻人”之法治水田。这样原来“际海茫茫”的荒芜之地，形成“畎矩于沟，沟达于川……浩浩其流，乃与湖连。上则有涂（途），中亦有船。旱则溉之，水则泄焉，日雨日霁，以沟为天”。反映畎浍沟川畅流，沟渠堤路整齐的状况，基本做到晴雨无忧，旱涝有秋，“无凶年下岁”。《新唐书·地理志五》提到，海盐县有古泾 301 条，长庆年间（公元 821 ~ 824 年）县令李谔曾进行开浚。这些河沟，可能是广德年间所开，李谔重加疏浚而已。广德元年（公元 763 年）嘉兴屯区的粮食收入，“数与浙西六州租税埒”。李翰称当时“嘉禾一穰，江淮为之康；嘉禾一歉，江淮为之俭”。嘉兴一带通过屯田兴修塘浦圩田水利，其经济地



位日渐重要起来。

苏州地区的屯田，文献中也有反映。如贞元十二年（公元796年），崔翰为浙西观察巡官，在苏州执掌军屯，"凿浍沟，斩茭茅，为陆田千二百顷，水田五百顷，连岁大穰，军食以饶"[33]。也从事开河辟土的工程。

之后，太湖平原继续开河筑堤，完善水利系统，开有元和塘、孟河、盐铁塘等骨干河道。元和三年（公元808年）开常熟塘[34]，也称元和塘，自苏州齐门北抵常熟，长90里，将澄锡虞高平原与阳澄低区分隔开来，导引塘西高地之水入运河，减轻塘东低区的排水负担。元和八年（公元813年），孟简为常州刺史，开古孟渎[35]。孟渎位于常州城西40里，南通江南运河，北入长江，长41里，灌溉农田4 000余顷，还能增引江水济运。太和中（公元827～835年）又疏浚盐铁塘[34]，西起杨舍镇，经常熟、太仓，在黄渡入吴淞江，全长190里，这就将东北碟缘高地和腹里洼地分隔开来。以上这些骨干河道，既起高低分片治理的作用，还起引水、输水、排水、灌水、运输的作用，对太湖东北地区塘浦圩田的形成，具有重要的意义。唐代还大力修筑太湖湖堤。贞元间（公元785～805年），湖州刺史于頔大力修筑荻塘，加厚增高，改名为頔塘。元和五年（公元810年），由苏州刺史王仲舒主持，修筑平望至三里桥的吴江塘路，苏州的宝带桥也同时建成[36]。该段地势低下，河湖不分，在水中筑堤，工程艰巨，到唐代后期才筑成。吴江塘路的最北一段"古塘"，从三里桥至苏州南七里桥长9里，之前已筑成。因此，这时建成了平望至苏州的湖堤（但此时太湖水入吴淞江处还甚宽广）。开成年间（公元836～840年），修建了蒲帆塘，东起吴兴城北二里，西接长兴县入太溪（即今箬溪），折北经今水口镇直通顾渚茶山[37]。这是在原青塘等基础上进行增筑。于是，太湖湖南、湖东的湖堤连成一线，改变了湖水漫溢的状况。特别是吴江塘路修建时虽然主要是为了解决漕运的风涛之险和纤路问题，但建成后大为有利于岸东低洼的围垦。

唐代海塘、湖堤的全线建成，太湖南部、东部、东北部众多塘浦泾河的开挖，使太湖下游平原从初级形式的分散围垦向高级形式的塘浦圩田系统发展。所以中唐以后，是太湖塘浦圩田体系形成的重要阶段。

太湖水利的发展，促使地区经济迅速上升。故韩愈说："当今赋出于天下，江南居十九。"[38]

五代吴越时期，在唐代良好的水利建设的基础上，又加强养护管理，努力巩固提高。设置了"都水营田使"，统一规划水利工作，兼顾治水与治田，创设"撩浅军"，在都水营田使领导下，专事疏浚港浦和管理堰闸的工作。北宋朱长文《吴郡图经续记》称："钱氏时，尝置都水营田使，以主水事，募卒为都，号曰撩浅。盖当是时方欲富境御敌，必以是务为先。"

吴越时塘浦圩田布置得很整齐。据北宋郏亶《水利书》称，太湖东部平原的苏州、秀州和沿江沿海一带郏亶能指出塘浦名称者共265条，分别分布于腹里低田区和沿江沿海高田区，大约各占一半，构成高田区的塘浦网络和低田区的水网圩田的格局。并指出这些塘浦圩田皆是"古人之遗迹"，钱氏时尚完好存在，所以《水利书》中所述塘浦圩田遗迹可代表唐后期至钱氏时的状况。其塘浦圩田的布置分腹里低地和周缘高地两种情况：（1）腹里低田区。"环湖卑下之地，则于江（指松



江）之南北为纵浦，以通于江；又于浦之东西为横塘，以分其势，而棋布之，有圩田之象焉。”在吴淞江南北每五里、七里开一纵浦，以通水于江；又在浦的东西，每七里、十里开一横塘，以分水势。利用开挖塘浦取出之土，修筑堤岸成圩，构成圩圩相承，棋盘式的圩田系统。塘浦深阔，水流通畅；圩堤高厚，大水不能入于民田。当时每一方塘浦圩田的面积颇大，达 1.3 ~2.6 万亩之间。郏亶称之为大圩古制。(2) 周缘高田区。“沿海之地及江（松江）之南北，或五里、七里而为一纵浦，又五里、七里而为一横塘。港之阔狭与低田同，而其深往往过之”。纵浦横塘的布置同低田区，为了引江海潮水灌溉，要将塘浦开深，并在高田区与低田区分界处设置堰闸，以蓄雨泽灌溉。

由于吴越努力治理太湖水利，坚持长年的管理维护制度，进一步完善和发展了塘浦圩田系统，因此有效地减轻了水旱灾害，促进了农业生产的发展。郏亶《水利书》说：“钱氏百年间，岁多丰稔。”据《吴越备史》等统计，太湖平原吴越时期水旱灾害共有四次，大致十余年受灾一次，所以史料有吴越“境内丰阜”[39]，“民间钱五十文籴白米一石”（《范文正公集·答手诏条陈十事》）的记载。太湖塘浦圩田系统的形成意义重大，它为太湖农业经济区的繁荣打下了基础，促使了国家经济重心南移；同时也为湖东河网化奠定了始基，其水网的布置，至今尚有旧迹可寻，这也是今日苏、松、嘉等地河道密布，布置整齐的历史由来。见图 3－1－1－2。

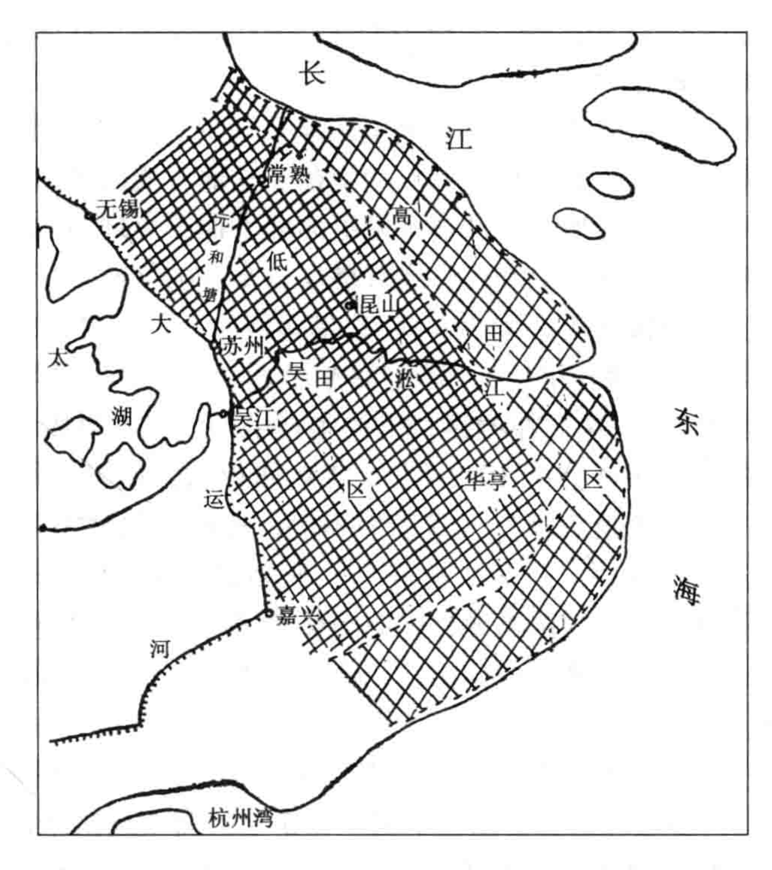


图 3－1－1－2　五代吴越太湖塘浦圩田示意图

北宋前期，太湖平原以塘浦为四界的大圩制渐渐解体，数万亩的大圩，大多分割成以泾滨为界的数百亩的小圩，并一直延续到后世。对塘浦圩田系统遭到破坏的

原因，郏亶《水利书》中列举种种："或因田户行舟及安舟之便而破其圩，或因人户请射下脚而废其堤，或因官中开淘而减少丈尺，或因田主只收租课而不修堤岸，或因租户利于易田而故要淹没，或因决破古堤张捕鱼虾而断定破损，或因边圩之人不肯出田与众做岸，或因一圩虽完傍圩舍力而连延隳败，或因贫富同圩而出力不齐，或因公私相看而因循不治……"有些破坏现象在"五代之季"，即吴越末期已有出现，北宋因管理松弛，各种破坏接踵发生。郏亶书中所指只是表象的原因，大圩古制的解体还有深层次的因素。

首先，土地制度和土地经营方式有了改变。中唐以后，太湖平原的土地开发曾以大规模的屯田方式进行，土地属于国有，劳动者被强制组织起来，以大生产经营方式为主，所以产生了大圩制。吴越时屯田营田制度仍然保持和巩固。到宋代时，将大量屯熟田亩以官田形式出租出卖，地主租买到土地后再分佃给农民，土地由集中经营的方式变为佃农分散经营的方式。如《宋史·食货志上四》称："淮南两浙，旧皆有屯田，后多赋民而收其租，第存其名。"此外，唐代实行"均田制"土地制度，土地买卖受到限制，到唐中后期，均田制实际已不执行，土地兼并盛行，庄园制发展，可以维持大圩制的生产方式。到了宋代，土地私有制发展，租佃制盛行，小农个体生产发展。如北宋郏亶《水利书》提到，"苏州五县之民，自五等以上至一等不下十五万户"，其中三等以上 5 000 户，不足百分之四，而第四、五等户（个体农户）占了百分之九十六强。这样大圩中高田与低田，灌溉与排涝，维修管理等矛盾日显，不利于农民的生产和生活，因此往往破大圩堤自保小堤，于是大圩被解体，小圩逐渐建立。

第二，社会经济形势的变化。唐后期至吴越钱氏时，太湖平原人口密度较低，土地利用还不紧张，大圩中有不少未开发的湖荡、洼地、低田可以蓄涝，而用封闭高厚的圩岸御洪。宋代人口增加，需要开发更多的土地，大圩中低洼地也另圈筑围垦，在较低地筑径塍，以便分隔利用，大圩破坏，小圩随之产生。此外，宋代更依赖东南地区，将太湖地区视为"国之仓庾"，漕运成为压倒一切的中心任务。端拱中（公元 989 年），转运使乔维岳，"不究堤岸堰闸之制，与夫沟洫畎亩之利，姑便于漕运，一切毁之"。[40]沈披在无锡，王钦若在杭州，也相继毁闸便漕。这就使水网失去控制。庆历二年（公元 1042 年），"欲便粮运，遂筑此堤（吴江塘路），横截江流五、六十里，遂致震泽之水常溢而不泄，浸灌三州之田"[41]。庆历八年，又在太湖入吴淞江的进水口，建吴江长桥[42]。长桥的建造，沟通了吴江对外的陆路交通，是当时社会经济发展的需要，但是壅阻湖水下泄，加重下游河港的淤塞，引起水灾增多，大批圩田被淹变成湖荡。以上这些做法，在一定程度上加速了塘浦大圩体制的解体。

第三，有分隔为小圩的地理条件。太湖下游地区圩田的地面高程绝大多数在 3.0 到 4.0 米之间，最低圩田的田面也不低于 2.5 米。而太湖洪水的特点是水位变幅小，圩子内外水位高差较小。宋郏亶《水利书》估计当时大水之年，江湖之水高于民田 5 ~7 尺，其时昆山、常熟、吴江三县所筑的堤岸，高者 7 ~8 尺，低者 5 ~6尺，华亭县堤岸不过高 3 ~5 尺，堤岸较易修筑，农户可以修筑小圩保田。不像芜湖、当涂滨长江大圩，圩子内外水位高差大，圩内地形低，靠高大的圩岸抗御



洪水，圩子一般都很大。范仲淹曾说："江南（路）旧有圩田，每一圩方数十里如大城。"[43]宋之后，这些地方的大圩也没有解体，因为缺乏如太湖下游塘浦圩田分割为小圩的地理条件。

北宋大圩制解体后，鼓励民众自修小圩保田。如嘉祐五年（公元1060年）转运使王纯臣，"请令苏、湖、常、秀作田塍，位位相接，以御风涛，令县官教诱利殖之户，自筑塍岸"[44]。被批准执行，收到了一定的效果。为解决漕运与水利的矛盾，元祐（公元1086～1093年）之后，采取筑闸控制蓄泄，设置复闸通船的方法，缓和了矛盾。

北宋后期，政府为增加赋税收入，鼓励围垦湖滩草荡。又因地理环境的变迁，太湖平原排水不畅，水患增加，也需要筑圩护田。政和元年（公元1111年）诏苏、湖、秀三州治水，"创立圩岸"，工费许取于越州（治今绍兴市）鉴湖租赋[45]。政和六年，又颁布《管干圩岸围岸官法》，规定"在官三年无隳损堙塞者赏之"。在政府的倡导和组织下，筑堤围田进展迅速。如平江府（治今苏州市）兴修围田二千余顷[46]。同年又委派赵霖治水，他将"大筑圩岸，高围民田"作为治水之上策，并奉诏围裹常熟县尚湖和秀州（治今嘉兴市）华亭泖为田[47]。宋室南渡以后，大批北人"云集二浙"，一些侨寓巨室，结联土著千方百计围裹湖荡，浙西围垦又掀起热潮，"隆兴、乾道之后，强宗大族，相继迭出，广包强占，无岁无之"[48]。此外，早在绍兴年间，浙西驻军也侵据太湖淤滩为田，"累土增高，长堤弥望，名曰坝田"。到淳熙期间，浙西围湖为田的势头依然未减，"浙西豪宗，每遇旱岁占湖为田，筑为长堤，中植榆柳，外捍茭芦"。淳熙十一年（公元1184年）统计浙西共有围田1 489所[49]，并立石碑作标志，以限制围垦。但以后围垦发展更多，湖滩草荡大部分被民众垦拓成田。"围于浅水既为高田，围于茭荡既为稻田。"嘉定时（公元1208～1224年），仅湖州（治今湖州市）境内"修筑堤岸，变草荡为新田者凡十万亩"[50]。之后，围田继续发展。到元初，仅苏州府所属的吴县、长洲（今苏州市）、常熟、吴江、昆山、嘉定六州县共有围田8829座[51]。

可见，宋元时期太湖平原圩田的面貌与唐、五代时期有很大的不同。唐、五代形成的圩田体制是大圩制，以国家组织的屯田等大生产方式兴筑。北宋以后大圩制分解，形成以民间兴筑的小圩为主，南宋时以有力人户占射方式为主，继续发展围田，围垦与水利的矛盾也逐渐尖锐起来。

三、皖中平原圩田的发展

皖中平原，位于安徽长江干流两岸，为狭长的沿江平原，分布有大小不等的许多湖泊。这里地势平坦，土地肥美，水资源丰富，但外受长江洪水的威胁，内受支河及湖泊的浸淹，要发展农业生产，必须筑堤作围，才能垦拓成田。

皖中平原筑圩垦殖的历史悠久，大体上皖南早于江北。皖南平原的主体是由古丹阳湖经过长期淤积而形成的，并分解为丹阳湖、石臼湖、固城湖等众多湖沼。相传春秋时吴国已在丹阳湖地区①从事垦殖活动。光绪《高淳县志·山川》记载："相国圩内田四万八千亩，周四十里，春秋时吴筑固城为濑渚邑，因筑是圩附于

---

① 丹阳湖部分地区属今江苏高淳、溧水，为叙述方便一并论述。



城，为吴之沃土。”当时吴与楚交兵，在固城（今江苏高淳固城镇）筑城为据点，就地围垦农田也是可能的。三国孙吴时有了筑圩的正式记载，当时皖中战略地位重要，故在此地区驻兵和招民屯田，还将中原流民安置于此，于是促进了圩田水利的开拓。据载孙吴的名将周瑜、陆逊等皆在丹阳湖区屯驻过[52]。孙吴的军士有屯田垦殖的义务。后来陆凯说到孙权时军屯情况：“先帝战士，不给他役，使春惟知耕，秋惟收稻，江渚有事，责其死效。”[53]可见军士是且耕且战的。孙权时还在于湖（今安徽当涂县）设督农校尉，组织民屯。这时期大概修筑了一些圩田，后代地方志称芜湖的咸保圩、宣城的金宝圩等都创建于此时[54]。之后，到永安三年（公元260年）“都尉严密，建丹阳湖田，作浦里塘”[55]。八年后，奚熙于建衡元年（公元269年）又“建起浦里田，欲复严密故迹”[53]。因选址不当，计划过大，工程艰巨，两次筑围都未成功。据《读史方舆纪要》卷二〇江宁府溧水县下记载，蒲里塘在溧水县南20里[56]。至今还有蒲塘地名，其处濒临石臼湖。孙吴时还围垦长江以北的沿江滩地。《读史方舆纪要》卷二六称：望江县东北60里有西圩，“周三十余里，堤长三千九百七十余丈，阔十丈，高二丈，圩中田三万七千余亩。志云：‘孙吴时屯皖口，得谷数万斛，即此圩也。’”说明孙吴屯田皖口（皖水入江口）时创建西圩。又和县的铜城堰筑于赤乌中（公元238～250年），“筑堰设闸，以捍水患，遇旱则积，遇涝则启，遂有膏腴”（《读史方舆纪要》卷二九）。铜城堰后代常修筑，捍御了30多万亩的圩田。之后南唐时皖中平原的圩田多有修筑。如芜湖万春圩筑于10世纪前，“土豪秦氏擅其饶，谓之秦家圩”。南唐时置官管辖，田租直接上交皇室供后宫专用[57]。又宣城金宝圩，清人考证后指出：“南唐保大十一年（公元953年）圩民束四请以私田为官圩，李璟嘉之，诏补束四官，赐金帛有差，号金银圩。”[58]金银圩又称化成圩，是金宝圩的前身，规模很大。

到宋代时，皖中平原大兴筑圩垦田之风，这既与经济重心南移、人口增加等因素有关，同时也与上游山区开发加剧，河、湖滩地淤积加快有关。

皖南平原宋代属江南东路，当时的太平州（辖当涂、芜湖、繁昌）、宁国府宣城县、江宁府溧水县（包括今高淳县地）等地是大力发展圩田的地区。该地区湖沼散布，地势低平，东有长江水的顶托，南面和西面有水阳江、青弋江、胥溪等洪水的威胁，所以修筑的圩岸高大，即是如此，圩子也常被冲毁，因此修复工程频繁，圩区便在废复中不断发展，圩田工程技术也逐步提高。

太平兴国八年（公元983年）江南大水，许多圩围毁废，周围80里的万春圩也被淹没，成为一片汪洋，此圩于嘉祐六年（公元1061年）由江东转运使张颙等人主持修复，成为江东规模最大的圩。到治平时（公元1064～1067年）江东的宣州、池州一带有圩围“千余区”[57]。治平二年（公元1065年）又遭大水，大多数圩子被沉没，经过数十年的修治，除了修复旧有的圩围外，又先后增筑不少新圩。如崇宁间（公元1102～1106年）筑芜湖易泰圩，大观二年（公元1108年）筑陶辛圩，政和二年（公元1112年）垦当涂路西湖为政和圩，政和五年下诏招集上元（今江苏南京市）、江宁（今江苏南京市）、句容、溧水等邑民夫修溧水县永丰圩。以上是官圩，民圩也修筑不少。《宋会要辑稿》“食货一”之三〇载大观四年三月二十八日诏：“宣州太平州圩田并近年所作，多是上等及官户借力假土人名籍，请



射修围，今已成田，认纳租税。”可见北宋后期皖南新增了不少圩田。

南宋时对江东圩田的修筑更加重视。绍兴元年（公元1131年）“诏宣州、太平州守臣修圩”[50]，促进了两州的修圩活动。据李心传《建炎以来系年要录》卷一六五记载，绍兴时江东的大圩：宣州有化城、惠民二圩；芜湖有万春、陶新、政和、扰山、永兴、保成、咸实、保胜、保丰、衍惠等圩；当涂有广济圩。每圩各长数十里，这些都是官圩。发展到乾道时（公元1165~1173年），宣城已有圩田179座[59]，太平州共筑圩455座[60]。乾道九年（公元1173年）对宁国府、太平州圩田进行核查，《宋史·食货志上一》称：芜湖县圩岸长达290余里，“通当涂圩共四百八十余里，并高广坚致”。之后圩田继续发展。绍熙四年（公元1193年）太平知州叶翥说：“当涂、芜湖、繁昌三县并低接江湖，圩田十居八九。”[61]太平州的土地大部分已圈筑于圩中，政府赖圩田收取数量浩大的租米。到南宋末总计江东圩田至少在三百万亩以上。此时皖南沿江已形成“上通建德（今东至县东北）下当涂，千里江湖缭一圩”[62]，出现了圩圩相连的态势。

皖北沿江和巢湖地区，宋代属淮南西路，北宋末年修建圩田记载渐多。如政和四年（公元1114年）卢宗原负责兴筑自江州（治今九江市）至真州（治今仪征县）“自古江水浸没膏腴田自三百顷至万顷者凡九所，计四万二千余顷，其三百顷以下者又过之”[63]。可见当时修复沿江一带圩田的数量相当可观。

南宋时，宋、金大体以秦岭、淮河为界，淮西为前哨重地，多次遭受兵火，田地荒闲，为就地解决军粮和安置南徙流民，政府曾于淮西组织百姓营田耕垦。比较大的工程有：绍兴三十年（公元1160年）淮南运判张祁主持修复了无为、庐江县一带的杨柳圩（周环50里）和嘉城圩[64]。乾道间又修复合肥圩田。合肥地区濒临巢湖，是老圩区。乾道六年（公元1170年）太府少卿叶衡上奏：“合肥濒湖有圩田四十里，旧为沃壤，久废垦辟。今若募民以耕，岁可得谷数十万斛。”[65]二年后，由薛季宣主持，修复合肥36所圩，并设22庄，组织南徙流民从事垦种[66]。绍熙间（公元1190~1194年）钱之望知和州，主持修荒圩，得“美田五百七顷”[67]，并设兵屯耕作。此后含山县主簿娄机组织民工3 000余人，修复铜城圩84所[68]。

从上可见，南宋时期重视皖中平原圩田的兴筑，修筑活动频繁，圩田的数量、面积、规模大为增长和扩大，由此促进了圩田工程技术的提高。

四、珠江三角洲堤围的发展

珠江三角洲是我国重要的三角洲之一，三角洲土地肥沃，丘陵台地散布，水道纵横交错，水热条件优越，农业生产发达，又处于南部海疆，其社会经济对华南甚至全国都起重要的影响。这种富饶的局面是千余年来不断利用和改造自然的结果，尤其是兴修大量的堤围工程，使低洼的土地和海滩沙洲得以开拓利用，为经济的发展创造了良好的条件。

珠江三角洲是由西、北、东三江及其他溪河所挟带的泥沙，在岩岛罗列的浅海湾内长期沉积而形成的复合型三角洲。三角洲的堤围建设是随着泥沙成陆的推进，地区人口的增长，经济地位的重要性和技术水平的提高，逐渐由上游推及下游，由分散小围并合成巩固的大围，由河岸平原发展到滨海沙滩。

唐后期，珠江三角洲的成沙范围已推进到今新会的外海、顺德的桂州、番禺的



沙湾，东莞的道滘一线。当时人口稀少，还无大规模的修筑堤围活动。人们主要耕垦地势较高的土地，或采用潮田方式经营较低田地。此时可能已修少量挡水堤岸[69]。

宋代有了兴筑堤围的正式记载。这时由于南徙于珠江三角洲的人口增加，为了扩大耕地，人们移向沿江低地开垦，而低地水患频繁，需要修筑堤围。特别在至道二年（公元996年）遭大水后，开始群起修堤防洪。此年在高要县修筑了榄江堤（分称赤顶堤和长利堤）、金西堤、罗岸堤、横桐堤等[70]。它们位于珠江三角洲西北边缘的西江两岸。到北宋中后期又兴修一批堤围，著名的有：元祐二年（公元1087年）由东莞县令李岩主持，在县东沿东江修筑福隆堤（后世称东江堤），上起司马头，下迄京山，延袤万余丈，工程浩大，捍护了大片田地[71]。宋徽宗（公元1101～1125年）前期，于南海县建造了著名的桑园围，堤基总长12 000多丈，成为三角洲面积最大的基围[72]。在沿海也开始修筑少量的海堤，如元祐四年（公元1089年），仍由东莞县令李岩主持修筑咸潮堤，此堤位于咸西濑步（今东莞长安乡），长4 110丈[73]。据不完全统计，宋代总共筑有堤围28条，堤长共6.6万余丈，捍卫农田面积达243万亩[74]。

宋代修筑堤围的特点：一是堤围主要分布在三角洲顶部一带，以西北边缘为多。说明人们首先开发位于三角洲上游的较高地带。二是沿东、西、北三江两岸筑堤，顺应水势修筑，以防洪为主，极少修成环形闭合的围，故水流顺畅。三是修筑了一些规模颇大的堤围，如桑园围、福隆堤等，在堤线的设计布置方面显示了较高的技术水平（详见第二节桑园围）。四是当时所筑的堤较低矮，以土堤为主。如南海县的罗格围，据《罗格官洲围志》载："始建自宋真宗代（公元998～1022年）……而当时河床阔旷，潦势不甚猖狂，故堤高不满三尺。"桑园围堤高，明初加高培厚后仅高5尺，故始建时也不会超过此数。这是由于围堤处于河口地带，河宽水流顺畅，洪水位不高，故而堤岸可以修筑得矮些。

元代筑围的高潮期出现于至正间（公元1341～1368年），如西江支流高明河两岸修筑的大沙、小零、石奇、南岸、俊州、菰茭、企山、绿葱、伦埇等堤围，均筑于至正年间。至正间筑堤29条，占元代总数的85%以上。元代珠江三角洲共筑堤围34条，长度共5万余丈，捍卫农田23万余亩[74]。

元代修筑堤围的特点：一是增筑的堤围集中分布于西江及高明河两岸，位于珠江三角洲西北边缘地区。二是将宋代原来分散、隔断的堤围，联结成一线，使高明河以上的地区，防洪能力大为提高。三是新筑堤围和培修的旧堤高度一般都比宋代的高，堤高达1丈至1.5丈之间，较有力地增加了抗御洪水的能力。四是采用石方修筑技术。当时高明河两岸的堤围，大多筑有石窦，有的还筑有石坝。如光绪《高明县志》记载：元至正间创筑的南岸堤，筑有石窦三穴；暗珠堤，外有一石坝；秀州围，中有间基，分上、下二围，石窦六穴。五是元代堤围的修筑以乡民自办为主，所以堤围虽多，但其各个堤围的规模较小，一般在百顷以下。见下页图3－1－1－3和图3－1－1－4。

珠江三角洲自宋元大量修筑堤围，取得了明显的经济效益。宋以前三角洲地广人稀，粮食仅能自给。经过两宋期间的堤围建设，三角洲粮食生产面貌大为改观，



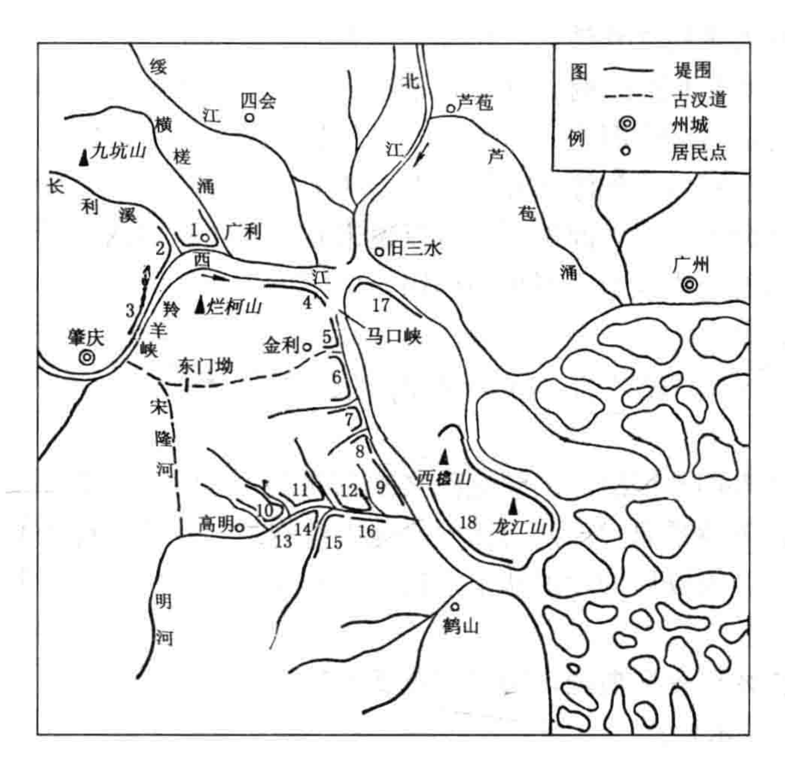


图 3-1-1-3　宋元时期西、北江三角洲主要堤围分布示意图

（选自《珠江水利简史》）

1. 榄江堤　2. 塘步堤　3. 柏树堤　4. 金西堤　5. 榕村堤
6. 范洲堤　7. 罗郁堤　8. 横桐堤　9. 大滨堤
10. 大沙堤　11. 小零堤　12. 石奇堤　13. 东坑堤
14. 南岸堤、俊州堤　15. 菰荚堤、企山堤、绿葱堤
16. 伦埇堤　17. 镇南堤　18. 桑园围

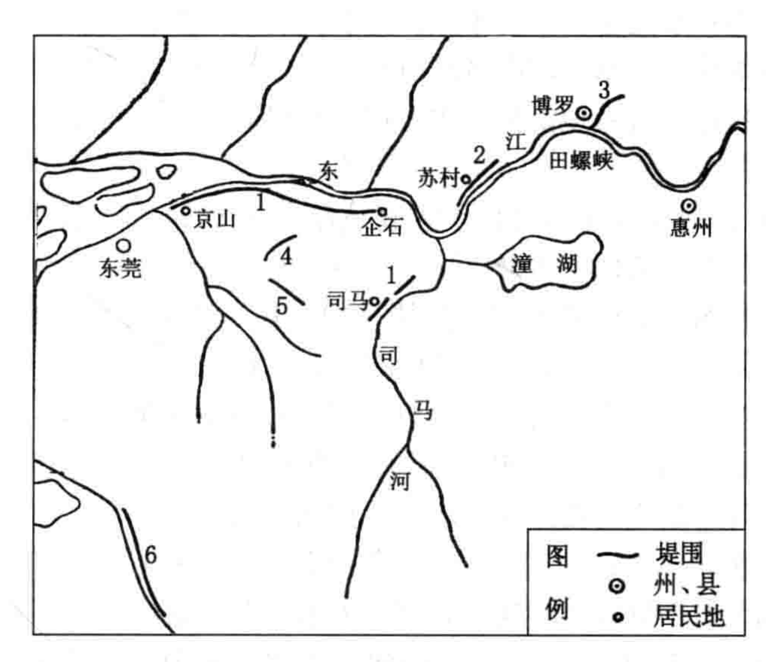


图 3-1-1-4　宋元时期东江下游及三角洲主要堤围分布示意图

（选自《珠江水利简史》）

1. 福隆堤　2. 苏村堤　3. 随龙堤
4. 牛过蓢堤　5. 西湖堤　6. 咸潮堤



除自给外，还有大量粮食外销，广州成为南方的一大米市。《宋史》卷四〇一《辛弃疾传》称："闽中土狭民稠，岁俭则籴于广。"宋人朱熹说："广南最系米多去处，常岁商贾转贩，舶交海中。"[75]建都于临安（今杭州市）的南宋朝廷也多次下令运广东粮食供应京城。如淳熙九年（公元1182年）诏："籴广南米赴行在。"[76]这些广米很大部分产于三角洲地区。可以说宋元时珠江三角洲的堤围水利建设对我国经济重心南移的完成也起了不小的作用。

第二节　筑圩和圩区水利技术成就

圩田工程是人们开辟沿江滨湖低洼之地修筑的水利工程。唐后期至宋元时期，堤围工程在长江下游平原、珠江三角洲等地大量修筑，促使筑圩和圩区水利技术有了长足的进步，并为以后的发展打下了很好的基础，其基本的一些技术经验直到今天仍有现实意义。

一、筑圩技术要素和典型圩田工程技术

（一）筑圩技术要素

圩田是在沿江、滨湖的淤滩和低洼地区修筑堤岸，以外挡洪水，内捍农田，又于圩内外开挖灌排沟渠、设置闸涵而形成的水利田。对筑圩的基本技术要素宋元时已有较好的总结。

首先述说关于筑圩技术的人士为北宋著名的政治家范仲淹。庆历三年（公元1043年）他任参知政事，在《答手诏条陈十事》(《范文正公集》)的奏疏中讲道："江南旧有圩田，每一圩方数十里如大城，中有河渠，外有门闸，旱则开闸引江水之利，涝则闭闸拒江水之害，旱涝不及，为农美利"。他将江南（指江南路）古圩修筑技术很简明地作了总结，江南古圩所筑堤如"大城"，圩中开有河渠，圩临外河处建有闸座，这样能有效地防御江水入侵，干旱时又能引水灌溉，后世之人很赞成其说。

北宋政和时赵霖对浙西圩区也提出采用"开浚港浦，置闸启闭，筑圩裹田"[77]三项互为表里的治理技术措施。

南宋绍熙初江东转运副使杨万里在其《诚斋集·江东集》中说："江东水乡，堤河两涯而田其中谓之圩。农家云：'圩者围也，内以围田，外以围水。'盖河高而田反在水下，沿堤通斗门，每门疏港以溉田，故有丰年而无水患。"他提到了圩堤的作用是"内以围田，外以围水"，沿堤筑有斗门，斗门与港河相通，可以灌溉而无水患。指出圩子的主要设施为圩堤、斗门和港河。

元代任仁发在其《浙西水利议答录》[78]中归纳筑圩技术说："范文正公宋之名臣，尽心于水利，尝谓修围、浚河、置闸三者如鼎足，缺一不可。三者备矣，水旱岂可忧哉。"任仁发明确指出"修围、浚河、置闸"是筑圩的三项基本技术要素，"缺一不可"。这三项技术既是筑圩的重要技术要素，而且也是水网圩区治理的主要技术措施，这一技术经验直到今天仍然适用。

（二）典型圩田工程技术

宋代对圩田工程有了较详细的记载，北宋时长江下游地区圩田工程技术可以芜



湖县的万春圩为代表，宋代珠江三角洲修筑的圩田工程可以南海、顺德间的桑园围为代表。

1. 万春圩。皖南芜湖县的万春圩，在县东南15里。修筑历史很早。10世纪前为土豪秦氏占有，称为秦家圩。南唐时收为官有，置荆山、黄春、黄池三曹官管辖，“调其租以给赐后宫”。北宋时归属芜湖县，田租归宋政府的大农。太平兴国（公元976~983年）中，江南大水，由于护圩不谨，圩被冲毁，废了八十年，其间虽然数次欲修复，但都被各种反对意见所阻止。甚至争论的意见，“一车不能载”[79]，成为难以解决之事。

嘉祐六年（公元1061年），江东转运使张颙、判官谢景温力主复圩，又委使宁国县令沈披实地查勘，沈披调查后返回，即对反对派的意见从水利工程到所谓蛟龙伏下逐条加以驳斥（即“五说”），意见上奏后很快被批准施工。于是发官粟募穷民，“旬日得丁万四千人”，民夫来自芜湖和周围地区，共八县，分隶各县主簿，由沈披统领“五县之丁”，负责施工方略事宜。此时江东转运司也移治于芜湖，“比日一自临视”，经过上下努力，凡四十日而毕工。

万春圩的规模和圩中工程布置，沈括《万春圩图记》有记载：“（堤）博六丈，崇丈有二尺，八十四里以长。夹堤之脊列植以桑，为桑若干万。圩中为田千二百七十顷，取天、地、日、月、山、川、草、木杂字千二百七十名其顷。方顷而沟之，四沟、浍之为一区，一家之浍可以舫舟矣，隅落部伍直曲相望皆应法度。圩中为通途二十二里以长，北与堤会。其袤可以两车，列植以柳。为水门五。”可见修筑的圩堤底宽为六丈，高一丈二尺，比太湖平原的圩堤高一倍以上。这是因江东“可耕之土皆下湿厌水，濒江规其地以堤而艺其中谓之圩”。圩子汛期要受江水的倒灌和威胁。该地圩中地面高程7~8米，而长江最高洪水位可达12米以上，高出圩田四五米，因此必须将圩堤修筑得高大宽广，才能抗御大水。万春圩圩堤周长84里，圩中有田1 270顷，以顷为单位编号，每顷成一方块，四周开有沟，四顷为一区，四周开有浍，沟水汇入浍，每家有浍可停放舟船。组成了整齐的沟浍水利系统，排灌、行船都很方便。圩中还建有贯穿全圩的通途大路，长22里，道路宽阔，可并行两车，路边植有柳树。陆路有利于圩中交通，也起分隔高低田块的作用。外堤上建水门五所。“旱则开闸引江水之利，涝则闭闸拒江水之害。”（范仲淹语）如遇圩内积水过多，外河水位低于斗门，亦可打开斗门向外河自流排泄。故史称万春圩“筑堤于外以捍江流，四旁开闸以泄积水”[80]。

从上可知万春圩的布局、修筑技术已达到相当高的水准，圩中农田和沟渠组成棋盘式格局，圩堤、涵闸、沟渠配套完备。由于万春圩修筑质量高，四年后的治平二年（公元1065年），“郡国十八大水，江、浙、汉、沔间所在泛人庐舍，流徙者皆以万计，宣池之间，圩之沉者千余区，而万春圩独屹然藩其一方，群小圩皆恃以无毁”，经受了大水的考验。万春圩的经济效益也高，“岁出租二十而三，总为粟三万六千斛，菰、蒲、桑、枲之利，为钱五十余万”。即每岁产米23万石，入官租米3.6万石。因为获利大，故而“名之曰万春圩”（沈括《万春圩图记》）。

万春圩自宋代复修后，一直延续到明代。正统中（公元1436~1449年）巡抚周忱筑胥溪东坝，因西水不再东下，皖南圩区水患增加，遂破万春圩蓄水，名万顷



湖，又称青风草场。以后又复修。民国二十三年实测堤长 10 980 丈（约 61 里），护田 101 962 亩。

2. 桑园围。桑园围位于珠江三角洲西北部，跨今南海县的西樵镇、九江镇、沙头镇、顺德县的龙江镇和勒流镇的勒北管理区、沙滘镇的罗沙管理区，捍卫耕地 20 万亩。桑园围以修筑历史早、规模大而著称于世。

唐代中期以后，北方战争频仍，中原居民大量南徙，其中许多人迁到珠江三角洲，因此人口数量大增。据记载唐开元元年（公元 713 年）广州户数有 64 250 户，元和八年（公元 813 年）增为 74 099 户，到北宋元丰二年（公元 1079 年）上升为 143 261 户，比唐开元时增加一倍多。人口的增加，要求垦辟更多的耕地。原来三角洲的居民多数居于高阜、丘陵之上，这时因三角洲淤积成陆范围逐渐扩大，为人们提供了大片可开垦的肥沃低地。宋代至道年间（公元 995 ~ 997 年），桑园围上游兴建了榄江堤、香山堤等，导致西、北江泥沙下移，出海口向外延伸，此地区洪水灾害日益严重，于是开始修筑局部的较小堤围保护农田。《南海县志·舆地图》（1910 年）记载，桑园围修筑之前围内已有古基围和古闸建筑。但是小规模的堤围仍然不能抗御西江、北江等河流的洪水威胁，迫切需要修建大规模的防洪工程。此外，北宋时珠江三角洲的地位日益重要，它拥有对外贸易繁忙的口岸广州城，因此政府重视对三角洲的开发。桑园围就是在这种形势下得以建成的。

桑园围大约创建于北宋末期宋徽宗期间。嘉庆《桑园围志》记载：北宋“徽宗时，张公朝栋官广南路，初入粤，微服访民疾苦，舟过鼎安（桑园围一带古地名），值夏潦涨涌，怀山荡荡，万顷无垠，高丘上露天席地而栖者，满目皆是，即为奏请筑堤，以全民命。得肯，遣尚书左丞何公执中与公审度地形，速行兴建，越二年堤成”。有关的县志、府志上也有类似的记载。《宋史·何执中传》载何执中于崇宁四年（公元 1105 年）任尚书左丞。因此，桑园围的修筑是由广南东路安抚使张朝栋向朝廷奏请，得到工部批准后兴工的，时间为公元 1105 年左右。始筑有东、西两堤。筑之后三年，上游大路峡决，水势建瓴而下，乃在北面筑吉赞横基，防御大路峡之洪水。

桑园围具有一般堤围的共有技术特征：沿围的周边筑有围堤，围内分布有排灌用的沟渠，围堤上设有涵闸以连接围内外河道。但初建时它在总体设计、堤线布置方面具有自身的特点，显示了该地区的工程特色和当时达到的技术水平。

首先，因地制宜，因势利导筑围。即灵巧地利用地形、地势，以及水势进行总体设计规划，将围建成开口围。桑园围的地形与珠江三角洲地形特征一致，平原上散布众多的台地和山丘。山有西樵山、锦屏山和龙山等，又有飞鹅冈、吉赞冈、牛山等丘陵台地。桑园围即依靠这些山丘台地兴建。北面利用飞鹅岗、吉赞冈等高地作天然屏障，只筑较短的吉赞横基堵塞隘口；东西两堤顺西、北两江的河岸修筑，其南端则不筑堤，形成一个箕形的开口围。当时浙西、江东、淮西等地所筑围皆是闭口围，为什么桑园围筑成开口围呢？桑园围初创时的目的是防御西、北江的洪水，而围南端的甘竹滩一带已近出海口，口大水势低，洪水至此已基本消落。当时，南端的水位与北端相比，“下流之水较上流差四、五尺”[81]，基本无洪水为害，故初建时南面不筑堤。这样，既节省了工程量，围内积水也能自流排出，还有



利于涨潮时引水灌溉。所以后人赞曰："（桑园）围东南隅倒流港、龙江滘两水口，不设闸堵水，听其自为宣泄，受水利，不受水害，亦地势使然，至今称便。"[81]

第二，围堤堤线布置科学。桑园围初创时于三面筑堤。东、西基的布置遵循"依山筑堤"和"从高而下，顺水性"两个原则建造。同治《南海县志》卷七称：桑园围"形如箕，东西两围（堤）皆从上游水势建瓴之地依山筑堤，从高而下，顺水性，送至下流而止"。西基起自飞鹅冈，沿西江干流向南伸，经鲈鱼、金鸡、仙莱、横岗、稔岗，至南端牛山丘陵止，围堤是与岗阜连接在一起的，故称西堤"连缀甘竹、飞鹅各小阜"。东基起于吉赞，顺北江干流，依大岗、西樵山山嘴，南伸至锦屏山，也是依山筑堤。依山筑堤节省工程量，也增加了堤线的稳定性。"顺水性"，是依据江岸的冲淤状况灵活筑堤，目的是防止洪水冲溃堤岸。堤岸不太冲刷的地方，堤线可以靠外；反之，堤线则要内缩一段距离，以免险工发生。北面的吉赞横基，也是"度地势最狭处，西自吉赞岗起，东属于晾罟墩筑横基"[81]。在岗阜之间筑堤，横基总长仅300丈，是北端宽度的十分之一，工程量很节省。见图3－1－2－1。

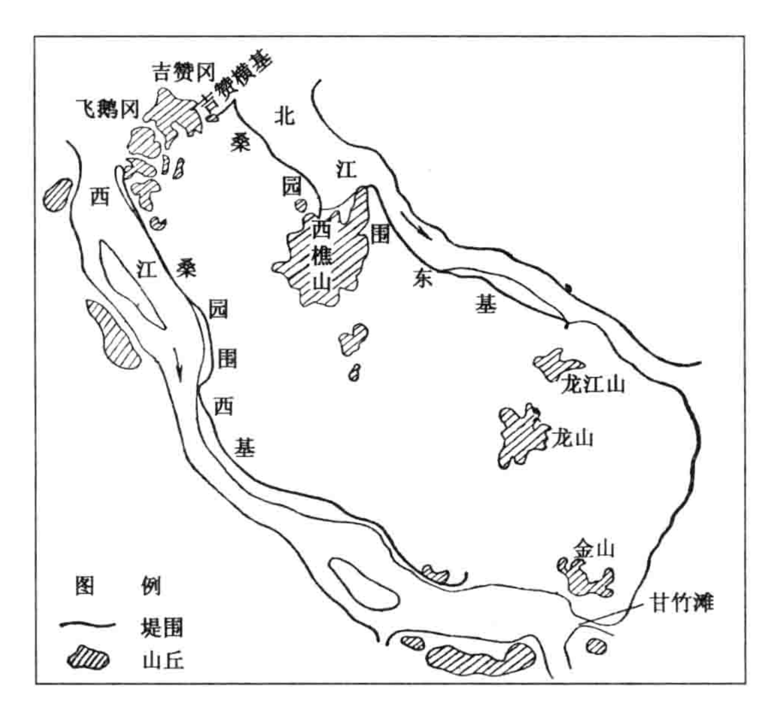


图3－1－2－1　桑园围基示意图

（选自《珠江水利简史》）

桑园围初建时的开口围总体布置延续了很长时间，到明代才发生较大的变化。由于南宋和元代沿西、北江修建了许多堤围，使河床束窄，水位抬高，大量泥沙直接输送到海域，成沙范围扩展。明初甘竹滩以下淤积严重，河口外延，口门河段淤窄，洪水波消散位置向下游移动，上游河段洪水位相对壅高，本来可排出内水的支港在汛期出现了"倒流"现象，倒灌入的洪水可上溯至九江一带。嘉庆《桑园围志》称："迨元至明，下流香山、新会等处，淤积沙坦，圈筑围田，夏潦盛涨，阻塞难消，旁并泛滥，往往从倒流港逆灌而入，于是坏庐墓禾稼，日以并甚。"明洪武二十九年（公元1396年）应九江人氏陈博民的请求，兴建了桑园围历史上有名的堵塞倒流港的工程。工程很是艰巨。光绪《桑园围续志》称："洪流激湍，人力



难施，公（陈博民）取大船，实以石，沉于港口，水势渐杀，遂由甘竹溪越天河，抵横江，络绎十里。”采用沉船堵口的方法塞倒流港，并在桑园围的南面筑新堤，至此西基段基本全线建成，又对桑园围旧堤加高培厚，使桑园围面貌大为改善。之后，又在桑园围内加筑子围，主要集中在南部一带，以加强防洪。1924 年又增建歌滘、龙江、狮颔口三座水闸。至此，桑园围才建成闭口围。

可见，桑园围修筑时的布置形式是适应当时的水流形势的，围子修成箕形，南面不闭合，堤线依丘岗，堤高不超过五尺，使工程量和技术难度大为减少，故能较快地建成堤围发挥效益。之后随着水利环境的改变，又作相应的调整，以解决新出现的矛盾，在这一过程中，水利工程技术也得到不断的进步。

二、筑堤、浚河、建闸技术

筑堤、浚河、建闸是修筑圩田工程必不可少的三项技术措施。唐、宋、元时期随着圩田的大量修筑，筑堤、浚河、建闸技术也得到迅速发展。

（一）修筑圩堤技术

圩堤起捍御外水的作用，必须修筑得坚固结实，为此逐步形成了筑圩的管理制度和技术要求。

太湖平原在唐后期已设有圩长，督率人夫修圩。北宋郏亶《水利书》称：“古人治田……田各成圩，圩必有长，每一年或二年，率逐圩之人，修筑堤防，浚治港浦。”当时采用封闭的大圩进行生产，“堤岸高者须及二丈，低者亦不下一丈，借令大水之年，江湖之水高于民田五、七尺，而堤岸尚出于塘浦之外三、五尺至一丈，故虽大水不能入于民田也”。当时圩堤高度比江湖水高出 1 ~ 3 米。宋代大圩制破坏后，政府也多次督促民众自行修筑圩岸，使“位位相接，以御风涛”（赵霖语）。元代也重视太湖平原圩堤的修筑，至大初（公元 1308 年）江浙行省规定圩岸体式为五等：以水平面（似指一般水位）作标准，田面和水面一样高的为一等，围岸高 7.5 尺，底阔 1 丈，面阔 5 尺；田高于水，则围岸的高阔以次递减，每田高 1 尺面阔减 5 寸，岸高基阔各减 1 尺；田高于水 4 尺为五等，岸高 3 尺，底阔 6 尺，面阔 3 尺[82]。作这样的规定是便于督促检查围岸的修筑。

皖南平原宋代大量筑圩，由于皖南圩区汛期外河水位常常高出圩田 4 ~ 5 米，所以对圩堤的修筑及质量特别重视。宋代政府多次颁布诏令，督促当地官员努力修圩，还允许借常平司米粮给百姓修圩，大工和难工由官府雇工修筑。此外乾道时规定，各圩一定要设圩长，小圩一人，大圩两人，于岁晏水落之时，督率圩丁修堤。南宋杨万里有圩田诗云：“年年圩长集圩丁，不要招呼自要行。万杵一鸣千畚土，大呼高唱总齐声。”修筑时圩堤高大质量好，“岸头石板紫纵横，不是修圩是筑城。传语赫连（赫连勃勃）莫蒸土，霸图未必赛春耕”[83]。筑堤采用“杵”夯打，比城墙还牢固。江东大圩的堤防修筑得皆高大。如北宋嘉祐六年（公元 1061 年）复建的万春圩堤底宽六丈，高一丈二尺。南宋时，圩堤标准有所提高。如乾道七年（公元 1171 年）要求圩长，“每遇秋成，集本圩人夫于逐圩增修面阔一尺，侧厚一尺，脚阔二尺，须用坚土实筑”[84]。淳熙十一年（公元 1184 年），太平州全面修圩，垫破决大埂形成的深潭一百三十丈；筑成的圩堤基阔七丈（从地面起算），面阔二丈，高一丈三尺；帮筑受水啮蚀的沿湖大埂长 25 134.5 丈，啮蚀子埂长 15



837丈，培修后比旧埂面增阔二尺至六尺，埂脚增阔三尺至八尺，高增三寸至五寸[85]。

在圩堤的修补技术方面也有进步。如绍兴二十三年（公元1153年），芜湖县咸宝圩遭水损坏，有一处冲成深潭，“计长二十五丈，阔三十丈，深二丈二尺”。当时认为在成潭处难以就旧基修筑，采用了“从里面别创筑埂围裹”的方法，向圩内筑成弯弧形堤岸，长81丈[86]。这样修补的堤岸基础牢固，是河道堵口方法在圩堤上的应用。

宋代还在圩堤临水岸坡上种植杨柳等，以抵御风涛的冲啮。堤脚外滩上种有茭芦，以防风杀浪。南宋时宁国府、太平州圩岸修得高广坚实，圩堤上普遍种植耐水的榆柳，“濒水一岸种植榆柳足捍风涛，询之农民，实为永利”[87]。还“种植芦苇以围岸脚”[83]，这一方法效果很好。故杨万里《圩丁词》中赞道：“圩田元是一平湖，凭伏儿郎筑作圩。万雉长城倩谁守？两岸杨柳当防夫。”其《圩田》诗中又吟：“古来圩岸护堤防，岸岸行行种绿杨。岁久树根无寸土，绿杨走入水中央。”元代王祯《农书》在“围田”的附诗中，也有“隰桑宜叶沃，堤柳要根骈”的句子。当时围田（圩田）修筑于江淮“边江近湖”地势低下之地，元代江淮圩堤已普遍植杨柳，这一经验后世在圩区一直采用。

水网地区水多土少，筑堤取土困难，唐宋时太湖平原创造了多种取土的技术方法。如采用深浚塘浦取土，以高筑堤岸的方法。北宋郏亶《水利书》指出，当时平原上塘浦阔的三十余丈，狭的不下二十余丈，深的二、三丈，浅的不下一丈，“古人使塘浦深阔若此者，盖欲取土以为堤岸高厚……非专为阔其塘浦以决积水也”。开浚河浦，取土筑岸，岸高河深，一举两得。此外，还创造了在湖荡沼泽地区水中筑堤的方法。沈括《梦溪笔谈》记有北宋嘉祐六年（公元1061年）水中修筑至和塘岸的技术方法：

“苏州至昆山县凡六十里，皆浅水，无陆途，民颇病涉，久欲为长堤，但苏州皆泽国，无处求土。嘉祐中，人有献计：就水中以蘧蒢（用苇或竹编的粗席）刍藁（稻草、麦秆等谷类的干草）为墙，栽两行，相去三尺，去墙六丈，又为一墙，亦如此。漉水中淤泥实蘧蒢中，候干，则以水车畎去两墙之间旧水。墙间六丈皆土，留其半以为堤脚，掘其半以为渠，取土以为堤，每三、四里则为一桥，以通南北之水，不日堤成，至今为利。”

这是以桩木竹席为墙，取淤泥放蘧蒢间，沉淀后，车去两墙间积水，皆为土，在中间挖渠道，堆两旁为堤岸，形成两岸夹渠的塘河。这一技术以后圩区常采用。见下页图3－1－2－2。

（二）布置和开浚沟渠技术

沟渠起排水和灌溉的作用。圩内一般皆修有纵横沟渠系统。如北宋嘉祐时复建的万春圩，每顷农田四周开有沟，四顷为一区，区开有浍，沟水可排入浍，沟浍又与外河相通。南宋杨万里指出江东圩内沟渠系统完备。其《圩丁词》称：“河水还高港水低，千枝万派曲穿畦。斗门一闭君休笑，要看水从人指挥。”[83]

圩内河渠还要与圩外河道相通，以利引水和排水，故要开挖和疏浚圩外河道，使水流顺畅。太湖平原圩外的各级河道往往组成水网，圩内水网与圩外水网结合，



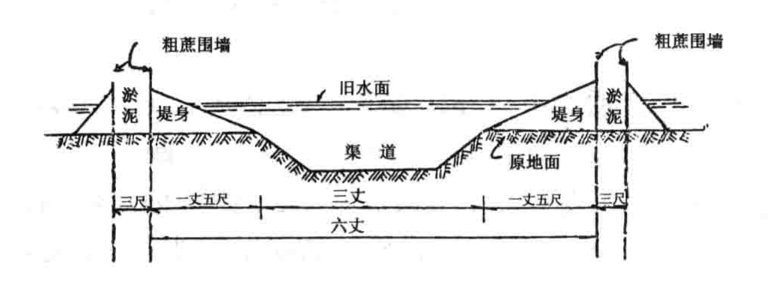


图3－1－2－2　水中筑堤示意图

组成完整的圩区水网系统。低田圩区又与高田区的塘浦脉络贯通，排灌方便，调蓄能力强，能抵御旱涝的威胁。

（三）建闸技术

斗门涵闸沿堤修筑，沟通圩内外河网，是控制圩内排灌蓄泄的重要设施。五代、北宋时期皖南圩田工程已普遍设闸。如万春圩大堤上建有五座斗门，永丰圩有重要斗门四座。南宋时圩堤上设闸更多，斗门修筑技术也有改进。如乾道七年（公元1171年）宣城县化成、惠民两圩共置斗门24所。斗门的质量较高，“两旁用石筑叠，及以沙板安闸，高筑土钳，常加坚实”[88]。闸座用块石叠砌，闸门为平板木闸门，为防止水的渗流，闸座附土筑得高厚结实。还专设圩户四名防守水门。当圩内积水过多，外河水位低于斗门时，由守圩人户报官获得批准，打开斗门向外河自流排水，放水毕即依旧下闸门堵塞。又淳熙十四年（公元1187年）太平州努力改建斗门。以往斗门、水函多以竹木修筑，少数砖石砌的斗门也不牢固，故而进行改建。“当涂县重新改造斗门一十三所，石卷砌四所，水函八所；修砌旧系砖石斗门五所，水函十所。芜湖县重新改造斗门八所，用砖石卷砌。”[89]用砖石砌筑斗门闸涵，牢度增加。

太湖平原圩区在唐宋之时，不仅修建圩子的闸涵，还注意修建外河网堰闸。在高低田分界处筑有堰闸，以使高低田水分开，互不影响。沿江沿海也修筑堰闸。郏侨《水利书》称：“闻钱氏循汉唐法，自吴江县松江而东至于海，又沿海而北至于扬子江，又沿江而西至于常州江阴界，一河一浦皆有堰闸，所以贼水不入，久无患害。”滨海修筑挡潮闸，便于挡潮和排水，干旱季节又利用高潮水位的顶托，壅高内河水位，进行灌溉。

三、联圩并圩

皖南圩区分布在青弋江、水阳江下游的湖荡地区，雨季山区洪水倾泻而下，汇聚到湖荡地区，而此时往往值长江汛期，区内洪水外泄困难，还常遭江水的倒灌和顶托，因此圩区防汛任务非常艰巨。为了保障圩子的安全，宋元时期地皖南圩区大力推行联圩并圩。

南宋绍兴二十三年（公元1153年），因宣州大水，洪流泛溢至太平州，太平州境内沿湖诸圩多被水冲坏，于是努力合建大圩，将小圩包套于中。如所建当涂县管的广济圩，圩堤长93余里，“其圩与私圩五十余所并在一起，坐落青山前，各系低矮埂，外面有大埂一条，包套逐圩在内，抵涨湖水”。当时已认识到，“只修



外面大埂，不惟数倍省工，委是可以抵障水势”[90]。大埂由县组织增修，腹里私圩听任人户自修。同年，太平州筑长堤，“周回百八十里，包诸小圩”。所役夫达万计[91]。可见用力之勤。这一联圩工程乾道九年（公元1173年）户部侍郎叶衡又提及，“太平州……延福等五十四圩，周一百五十余里，包围诸圩在内”[92]。这就是后来所称的大官圩（今当涂县大公圩），共有耕地30万亩。乾道九年（公元1173年）叶衡核实的其他联并圩工程有：宁国府惠民、化成两圩联结，各有旧圩堤40余里，新增筑9里余（两圩腹内包裹私圩15所）；黄州镇福定圩周长40余里等。不少大圩都包套着众多的小圩，形成多重堤防，对洪涝水起着有效的捍御作用。因联圩并圩后，防洪堤线缩短，可以集中力量修堤和防汛，圩堤质量提高，并“高阔壮实”，抗洪能力大为提高，这是一个方面；另一方面，农户自行维修小圩，对圩中涝水起分隔作用，不致造成一处受淹，全圩遭殃的局面。南宋时江东联圩并圩的规模很大，表明这一技术已比较成熟。

四、分区分级控制

宋代修筑的皖南圩子规模很大，不少大圩面积达数万至十多万亩。圩内地形虽然一般较为平坦，但总不免有高低起伏。如政和五年（公元1115年）于丹阳、石臼、固城三湖之间高阜处围垦成的永丰圩，“四至相去皆五六十里，有田九百五十余顷”[92]，其圩内地势由东北向西南倾斜。为了解决高低间的旱涝矛盾，宋代在永丰圩内筑有东西向的“穿心一字埂”，自沧溪至西陡门，长15里，分全圩为高低两大区，以后这种分级控制的堤线发展到13条。南宋时在太平州大力推行分区分级控制的技术措施。《宋会要辑稿》卷六一之一三六载，绍熙四年（公元1193年）太平州知叶翥提出：太平州圩田十居八九，皆是就近湖泊低浅去处筑围成埂，便行布种。……近一二十年以来官司出钱，每于农隙之际鸠集圩户增筑岸埂，高如城壁，种植芦苇以围岸脚”。圩田的外堤当时已修得较为坚固。“今措置欲于圩田之内旧有通水小沟去处开浚深阔，就用其土增筑塍岸，亦令高广厚实。”或“无旧沟亦皆创新为之”。即主张在圩内开河沟，筑径塍，实行分区分级控制，“遇水可以潴蓄，遇旱可以灌溉”。要求开挖的大沟阔五尺，深一丈，小沟阔二尺，深七尺；沟两岸的田塍高三四尺，底宽四五尺。当时当涂县有官圩55所，打算先在一二个官圩内施工，再推及全州，计划三年完工。这一建议得到批准实施，太平州圩内开河沟，筑径塍，分区分级工程大约兴筑不少。

综上可知，到唐宋时，皖南、太湖平原等圩区水利技术已达比较高的水准，圩堤、涵闸、沟渠配套完备，基本实现了内外分开、高低分开和分级分区控制。故而能较好地保证圩区农业生产的进行，“旱涝不及，为农美利”。这些水利技术成就是我国人民改造利用低洼地的创造性成果，其意义非常巨大。

第三节　太湖平原的治水经验和治水理论

太湖平原是一个以太湖为中心的大型碟形洼地，地势低平，洪涝潮灾威胁严重，历史上水网圩田的发展与治水工作密切结合。唐代至宋元都进行了不少治水工作，积累了较为丰富的治水经验。而宋代以后，由于围垦逐渐加剧，围田与水利的



矛盾激化，自然灾害增多，引起社会人士对太湖治水问题的关注，各种治水议论纷纷出现，丰富了太湖治水的理论，对后世治理太湖水利具有一定的影响。

一、太湖平原的治水经验

太湖的水源，古今无大变化，主要来自西、南两方面，南面有来自天目山的东、西苕溪，西面有来自茅山山脉和苏皖界上的荆溪。苕溪和荆溪分别在吴兴和宜兴流入太湖，并以多条溇渎分流入湖。

太湖下游的去水，对太湖平原的影响很大。历史上太湖泄水干流变化很大，由"三江"即东江、松江（吴淞江）、娄江排洪转变为吴淞江一江排洪，并依靠东北、东南港浦作辅助。后来东南港浦封闭，吴淞江萎缩，黄浦变大，排水任务主要就由黄浦江承担。

（一）唐代

唐代前期吴淞江宽广，东江、娄江还存在，故太湖泄水通畅。唐代后期（约公元8世纪后）东江、娄江在自然演变中逐渐湮塞，但当时建成的塘浦圩田规划有序，堤岸高厚，外水不入，塘浦深阔，排水通畅；大圩内又保留水面很大的溇渎湖荡，可以调蓄雨涝水。并且全线建成太湖湖堤和沿海海塘，较好地起到防洪、防潮的作用。初步实行了内外分开（建塘浦圩田）、高低分开（开元和塘、盐铁塘等）、洪涝分开（建太湖湖堤和海塘）等，故而围垦与水利同步发展。

（二）五代吴越

五代吴越重视太湖水利建设，这一时期可谓是历史上太湖水利搞得好的一个时期。设有"都水营田使"，统一规划水利工作，使治水与治田结合起来。其治水的主要技术经验可归结为以下几个方面：

1. 首先保持太湖入海干河和塘浦的畅通。当时泄洪以吴淞江为纲，以东北及东南两路河港为翼。当时吴淞江比较宽广，泄水较为流畅。东北方面因娄江已淤湮，于天祐元年（公元904年），浚治新洋江（今青阳港），兼浚横塘，通小虞浦[93]。新洋江开浚后，吴淞江以北的积潦，可北出长江，或向南排入吴淞江，这代替了娄江上段。又经常疏浚常熟二十四浦，以起娄江下段的作用。在东南方面因东江已湮塞，故在公元915年，开浚淀泖上游的急水港；公元927年，又浚柘湖及新泾塘，由小官浦入海[94]。可见吴越注意保持出海干河的畅通。这时塘浦圩田系统的河网井然有序，平时又经常对塘浦进行撩浅疏浚，农田之水可通过河网循序入江出海。

2. 大量设置堰闸，控制蓄泄和防止潮汐侵入。郏亶《水利书》讲到吴越的遗法说："秀州（今浙江嘉兴）滨海之地，皆有堰以蓄水；而海盐一县，有堰近百余所。"郏侨《水利书》也谈到，吴越时北从常州、江阴界，南至秀州、海盐，一河一浦皆设堰闸。沿江沿海设堰闸可防止咸潮沿河侵入腹地，干旱时可蓄水灌溉，雨涝时开堰闸排水。此外，为防止高地降水流失，在高田区与低田区交界地带，也建堰门斗门，使高田旱时有水灌溉，又减轻低地排涝负担。即采取"浚三江，治低田"，"蓄雨泽，治高田"（郏亶《水利书》）的治理方法，使高低分治，旱涝兼顾。

3. 创设撩浅军，注意经常的疏浚养护工作。吴越撩浅军设于天祐元年（公元904年）。据《十国春秋·武肃王世家下》可知撩浅军共七八千人，在"都水营田



使”的统率下，分四路执行任务：一路着重于吴淞江及其支流的浚治；一路分布在急水港、淀泖地区，着重于开浚东南出海河浦；一路分布在杭州西湖地区，担任清淤、除草、浚泉及运河航道的疏治和管理工作；又一路称作“开江营”，分布于常熟昆山地区，主要负责东北通江港浦的疏治和堰闸管理[95]。这支治水专业队伍，其给养采取以水利养水利的方法，“收图回之利，养撩清之卒”（郏亶《水利书》）。通过植树、水产养殖等维持自给，故而能长期保持这支专业队伍，实施养护的制度化，这是吴越治水取得成功的一个重要原因。

4. 制订法令，禁止乱垦乱围破坏水利。对于围垦，吴越也制订有一套积极方针。一方面官府募民大力垦荒，减其租税，“由是境内并无弃田”[96]；另一方面，对围垦河湖滩地，也不是放任自流，而是“立法甚备”[97]，不许乱围乱垦，以免打乱水系，堵塞河浦，影响水利。

由于吴越治水能统一规划，注意整体治理，治水与治田相结合，特别是坚持施行养护管理制度，长时期维系不懈，因此水利搞得较好，水旱灾害甚少，农业经常丰收，其水利成就得到后人的赞扬。

（三）宋代

北宋时太湖下游洪涝灾害明显增多，有人为的原因，也有自然条件的变化因素。人为的原因：始治水方针以漕运为纲，破坏堰闸斗门设施，筑吴江石塘造成太湖泄洪不畅；小农私有制的发展使塘浦大圩体制解体，又有“慢于农政，不复修举（水利）”[98]；权豪对松江河床“占夺无度，地窄而流涩，故多淤垫”，及在江中“设置罾断，阻遏水势，日积月淀，下流浅狭”（郏侨《水利书》）。自然条件变迁的因素：太湖地区腹里历史时期一直处在断续沉降之中，唐宋之际尤甚。东太湖→澄湖→淀山湖，包括吴江全县及吴县、昆山两县的周（庄）、陈（墓）、甪（直）水网地区，似乎是一个沉降的中心[99]。这一点，解放后在澄湖、淀山湖等水域发现不少唐宋水井和文物，可以得到印证。北宋单锷《吴中水利书》也记载遇大旱时，太湖水退数里，见有昔日的邱墓、街市在湖中。由于平原的沉降，使湖沼面积扩大。另外宋代海平面有所上升，“北宋以后，海面始接近目前海面，遂使潮汐倒灌，将太湖下游各河口淤浅，此后就出现水灾频仍，治水问题也就日趋迫切”[100]。再有，由于南方开发加剧，长江泥沙量增多，东部海岸线迅速向外伸展，从公元5～12世纪，大约伸涨了60多里[101]。太湖地区排洪干流河线延长，河床比降趋平，流速减缓，宣泄能力减弱，潮水倒灌越来越深入，河道淤积严重，使低洼圩区积水长期不退，造成“千里一白”的状况。其时苏州五县积水面积约达四万顷，比太湖面积还大（郏侨《水利书》）。史称苏、常、湖三州常遭水患，“较旧赋之入，十常减其五六”（单锷《吴中水利书》）。鉴于这种情况，宋代不得不多次进行太湖水利的治理工程。

宋代太湖治水工作着重于解决太湖下游的排洪出路。

首先对吴淞江进行疏浚治理。吴淞江源出太湖，古代正源在今吴江县城外的太湖口，起初吴江南北数十里间是宽广的水域，为便利漕运，唐代元和时筑成平望至苏州的塘路，宋代庆历间又筑太湖口的吴江长堤及吴江长桥，吴淞江进水口束狭，下泄清水量减少，水流缓慢，泥沙停积。元祐时（公元1086～1093年）单锷《吴



中水利书》称："吴江岸东之水，常低于岸西之水不下一二尺，此堤岸阻水之迹自可览也。……江岸之东，自筑岸以来，沙涨成一村，昔为湍流奔涌之地，今为民居、民田、桑枣场圃。"吴淞江下游海口段，"岸东江尾与海相接之处，茭芦丛生，泥沙涨塞"，出现了吴淞江水流不畅的局面。为了改善水利状况，宋代对吴淞江进行过两次较大的裁弯工程和一次疏浚海口段工程。盘龙汇位于黄渡下流，因盘龙浦汇入而名，其直线距离才10里，而河道迂曲长40里。宝元元年（公元1038年）的两浙转运使叶清臣在盘龙汇北开新江，裁弯取直河道[102]。白鹤汇在盘龙汇的上游青龙镇附近，环曲甚于盘龙汇，水行迂滞，下泄不畅。嘉祐六年（公元1061年）两浙转运使李复圭、知昆山县韩正彦主持取直了白鹤汇[103]。经过这两次裁弯，吴淞江壅噎不利的状况有了改善。吴淞江近海段，于崇宁二年（1103年）进行浚治，从封家渡古江开淘至大通浦入海，计74里[104]。工程浩大，役夫五万，但因施工组织不好，效果不显。

其次是从事太湖东北方面港浦的浚治。宋代东北方面的主要港浦有36条，对这些港浦的疏导工程共进行了20多次，效果较好的有这样几次：天禧二年（公元1018年）江淮发运副使张纶疏浚昆山、常熟诸港浦，"复岁租六十万斛"；景祐二年（公元1035年）范仲淹主持浚福山、许浦、白茆、七丫、茜泾、下张诸浦；政和六年（公元1116年）和宣和元年（公元1119年）赵霖组织疏治昆山、常熟诸港浦，"开一江、一港、四浦、五十八渎，修筑常熟塘岸一条，随岸开塘"；隆兴二年（公元1164年）沈度开浚东北十浦等[105]。宋代在东北方面开的新河有至和塘，从苏州娄门出，西承太湖鲇鱼口来水，至昆山长70里，下接顾泾、黄泗等浦以达于海。此塘开成后能承担古娄江部分泄水之责，所以有人将其看作为娄江。这是唐以后太湖东北水系的一大变化。

而在东南方面，东江湮塞后，也有通海的36浦排泄洪涝，但由于海势的变化，南宋时将36浦通海口大部捺断。这是因为宋以前钱塘江基本上从南大门入海，南宋以后，海潮转趋北大门，华亭等地海岸坍塌严重，咸潮倒灌成灾，为此不断重筑加固海塘工程，通海河港大部被堰坝捺断。如柘湖东南原有18港出海，是东南36浦中的重要通海河港，南宋初除新泾塘外，其他17港都筑堰捺断。而新泾塘曾多次筑闸，均遭沙淤废毁，乾道七年（公元1171年）也只能改新泾闸为堰，并将堰内移至20里的运港[106]。于是，东南方面的积水，大部分转趋东北，从吴淞江注海。之后潮灾更为加剧，明代成化时，东南通海港口全部堵断。

宋代的治水方针，是以吴淞江为主干排洪，所以重视保持吴淞江的畅通。另外侧重于东北港浦的浚治，而把东南港浦逐渐堵塞。大的浚江浚浦工程由官府组织施工，而圩区农田水利多由民间自行维护。这一治水方针后代多所遵循。

（四）元代

元代采取的治水方针大体沿袭宋代，并根据水势的变化浚治河浦和湖泊。一是集中力量浚治吴淞江。大德八年（公元1304年）和泰定元年（公元1324年）由任仁发主持大力浚治吴淞江。这是因"吴淞江故道堙塞，使震泽之水，失其就下性，为浙西诸民害，垂二十年"。大德八年开浚了"西自上海县界吴淞旧江，东抵嘉定石桥浜"，长38里多。大德十年，在江中置闸20座[107]，以阻潮沙进入和蓄



清冲淤。泰定元年任仁发又疏浚吴淞江[108]。至正元年（公元1341年）再次大规模疏浚吴淞江。以上浚治吴淞江都在下游段，这是与海岸线迅速外伸，潮汐挟带泥沙淤塞海口段有关，同时也是围垦新涨海滩的治水需要。

二是开浚淀泖淤塞，疏治吴淞江南面的河浦。东南入海港浦大部堰断后，淀山湖因地势最低，变成苏、湖、秀三州之水总归的处所。南宋淳熙时开始疏浚淀山湖通入吴淞江的诸浦，元代疏浚工程更多。元初为防盗乱，将吴江长桥及桥洞筑塞不少，水流不疾，以致淀山湖东泥沙壅积数十里之广。至元二十八年至三十一年（公元1291～1294年）大兴工役，开挑淀山湖及其沟港淤塞。大德十年（公元1306年）对吴淞江以南的水道，如赵屯浦、大盈浦、白鹤江、盘龙江等进行疏浚，以导水北出吴淞江[107]。泰定元年（公元1324年）为排泄淀山湖涨水，又疏浚大盈浦，乌泥泾等。乌泥泾是与黄浦相通的，这时已开始疏导黄浦水系，黄浦渐大已见端倪。泰定三年，任仁发又浚治黄浦的一些支河[109]。

三是浚治东北港浦。东北方面的河道在自然演变中元代出现了刘家港（即刘河，今浏河），它是由一般河浜变成大港的，因所处地势低，水流顺直，所以在江冲浪刷的作用下逐渐深阔。元初至元二十四年（公元1287年），宣尉使朱清疏导刘家港，把至和塘与刘家港连接起来[110]。这样，自然演变与人工整治相结合，刘家港于是成为东北方面最大的干河，它的位置与右娄江接近，故人们把它看作为娄江。元代吴淞江下游淤塞严重，“太湖之水纡回宛转多由新泾及刘家港流注于海”[111]。东北方面其他港浦也进行了多次疏治，其中以至正二十四年（公元1364年）占据苏州一带的张士诚浚白茆塘工程为大，施工时共用兵民十万人。白茆塘疏浚后效果很好，“水势峻下”，涝水排除迅速，由是“境内丰熟”[112]。

元代的治水，吴淞江治理效果不显。元末周文英说：“今因湖水有阻（谓吴江石塘桥洞出水不畅），江水势缓，潮沙积渐壅塞；又以江口河沙汇嘴至赵屯浦约七十余里，地势涂涨，积渐高平，此所谓海变桑田之兆，即非人力可胜。”[113]因此需要改变治水策略以适应自然变迁，他提出：“弃吴淞东南涂涨之地置之不论，而专意于江之东北刘家港、白茆浦等处开浚放水入海。”张士诚即采取了这一策略。后来明代夏原吉也吸纳此策治水，效果都不错。

元代在治水的同时，较为注意治田，所以水利与围田的矛盾没有宋代尖锐。采取的措施有：大德二年（公元1298年），立浙西都水庸田司于平江路，专督修筑田围，疏浚河道，次年即在平江路置闸堰凡78所，加强了圩区的水利建设。至大初（公元1308年），江浙行省规定浙西圩岸的分等标准，以便督促修筑。直到至正二十年（公元1360年）还大修昆山州田围[114]。所以元都水书吏吴执中说：“浙西水乡农事为重，河道田围必常修浚，二事可以兼行，而不可偏废。”[111]就是说治水要与治田同时并举，经常进行，这是在实践中反复多次而得出的宝贵经验。

二、太湖平原的治水论说

宋元时期，由于自然环境的变迁和社会经济的发展，治水问题日益复杂，水利与水运的矛盾，治水与治田的矛盾，蓄水与排水的矛盾，围垦与禁垦的矛盾日益尖锐，水旱灾害增加，影响了农业生产的发展，故引起朝野人士的关注。尤其在北宋颁布《农田水利法》之后，鼓励人们对水利兴修献计献策，因此言水利者日众。太湖



地区因其经济地位的重要性，更是备受重视，一些人士调查研究，探古论今，著书立说，纷纷上奏，其中以范仲淹、郏亶、单锷、郏侨等人的治水主张影响最大。

（一）范仲淹的治水论说

范仲淹（公元989～1052年），字希文，江苏吴县人。于景祐元年（公元1034年）六月至二年十月知苏州。他对太湖水利很是重视，实地到海浦查勘，主持疏浚了太湖东北的白茆、福山、浒浦、茜泾、七丫等港浦。工程进行中，范仲淹给当时宰相吕夷简上书，即《上吕相公并呈中丞谘目》一书（载《范文正公集》卷九），力排众议，对太湖水利提出自己的治理意见。

书中指出当时苏州的水利问题主要是水害严重。原因是苏州地区地势平坦，湖荡占十分之二三，西南有大泽太湖，太湖向东的出海干流为淞江。积雨之时，湖溢而江壅，淹没诸邑。河渠湮塞已久，宣泄能力减弱。淞江水退落后，漫流才能消去，故苏州地区长年处于水害之中。

解决水害的办法是要疏导港浦，使东南流入淞江，又使西北流入扬子江与海。也即是吴淞江以北的水，分两路排泄。对积水能否排泄入江入海的问题，范仲淹反驳了“江水已高，不纳此流”和“日有潮至，水安得下”的议论，举已开港浦“下流不息”为证，说明开港浦泄水的有效性。

为防止潮沙淤塞河道，范仲淹提出“新导之河必设诸闸。常时扃之，以御来潮，沙不能塞也。每春理其闸外，工减数倍矣。旱岁亦扃之，驻水溉田，可救熯涸之灾。涝岁则启之，疏积水之患”，清楚地阐明了防潮闸的作用。

除提出疏浚东北港浦外，他还指出整治吴淞江开直盘龙汇的问题，认为裁弯后排水才能迅速，后来宝元元年即按此奏实施。开直河加快排水这一技术方法后世多所采用。

另外，提出“以工代赈”的方法兴修水利，妥善解决了劳力、经费问题。并提出要选择能干的人担任苏、常、湖、秀等州的官吏，以在水利上有所建树，使国家不失东南之利。

庆历三年（公元1043年），范仲淹任参知政事，向朝廷建议十事，即《答手诏条陈十事》（载《范文正公集·奏议上》），其中第六条“厚农桑”中对太湖水利又进一步阐述了自己的主张。他总结了江南圩田的修筑经验，以及吴越钱氏的管理养护制度，指出：“浙西地卑，常苦水沴，虽有沟河可以通海，惟时开导则潮泥不得而湮之；虽有堤塘可以御患，惟时修固则无摧坏。”要求各州县于每年二月间兴役半月，以达水利大兴的目的。

范氏之说影响颇大，后人根据其水利奏疏的主要精神，归纳出治理太湖水网圩区要采取“修围、浚河、置闸”三项不可缺少的技术措施。筑圩、浚河、置闸三项技术措施不仅适合浙西水网圩区，也适合其他水网圩区采用，这一经验直到今天仍不失其作用。此外重视疏浚太湖东北港浦和裁弯取直吴淞江排水，设挡潮闸，以及以工代赈，岁修养护管理等方法和见解亦得到后人的赞同。

（二）郏亶的治水论说（详见本篇第七章第一节）

（三）单锷的治水论说

单锷（公元1031～1110年），宜兴县人，嘉祐五年（公元1060年）进士。但



他得第后不仕，独留心太湖水利，尝乘小舟往来苏州、常州和湖州之间，考察水利形势。元祐三年（公元1088年）写成《吴中水利书》（载归有光《三吴水利录》卷二），为苏轼所赏识，代奏于朝。他的治水主张虽未付诸实施，但也为后人所重视。

单锷从太湖上、中、下游整体出发，探讨太湖水患发生的根源，提出解决洪涝水排泄的措施。其治水的思想以排为主，反对郏亶"治田为先，决水为后"的观点。

单锷能从太湖流域的整体着眼，探讨治水问题。他说："自西五堰，东至吴江岸，犹之一身也。五堰则首也，荆溪则咽喉也，百渎则心也，震泽则腹也，旁通震泽众渎则络脉众窍也，吴江则足也。"指出对太湖水患产生的原因要从多方面去探求，如仅指某一点他认为就有偏差，不全面。

单锷认为，造成苏、常、湖三州长期水患的原因有三方面：一是胥溪五堰的废坏。"宣、歙、池、九阳江之水不入芜湖，反东注震泽。"胥溪五堰筑于今东坝镇至定埠间河段上，相传筑于春秋，唐末已废，北宋时仍处于废毁状态，这使西水东注，增加太湖的来水量。二是吴江长堤的修筑。"自庆历二年欲便粮运，遂筑此堤，横截江流五六十里，遂致震泽之水常溢而不泄，浸灌三州之田。"当时吴江岸之东泥沙已涨成一村。他分析了吴江岸阻水的原因："盖未筑岸之前，源流东下峻急。筑岸之后水势迟缓无以涤荡泥沙，以至增积而茭芦生，茭芦生则水道狭，水道狭则流泄不快。"堤岸不仅壅高湖水为患，而且减弱吴淞江水势，无力冲击江中泥沙，以致茭芦丛生，沙涨成村，水道愈益狭窄，水流排泄缓慢，使平原洪涝弥漫。三是宜兴百渎的湮塞。百渎及其旁小港久不疏浚，皆为泥沙堙塞，荆溪之水不能畅入太湖而泛溢为患。在这几个原因中，以吴江长堤阻水为害最大。他说："未筑吴江岸之前，五堰其废已久，然三州之田十年之间熟有五六，五堰犹未为大患。自吴江筑岸以后，十年之间熟无一二。"并认为太湖水利的许多问题都与吴江长堤有关。如太湖下游诸浦的湮塞，是因吴江岸阻水，水流缓慢，难以荡涤沙泥造成的。

单锷治理太湖水利着重于解决洪涝水问题，其思路是减少上游来水量，中游利于宣泄，下游扩大排水出路，其具体措施如下：

1. 修复胥溪上的五堰，使青弋江、水阳江流域的水不入荆溪，以减少西路来水。

2. 开通太湖西北的夹苎干渎，开浚常州运河通江14渎，导湖西冈坡来水北入长江。古夹苎干渎位于宜兴、金坛至武进一线，南接荆溪，北入常州的江南运河。单锷认为开通夹苎干渎后，"则西来他州入震泽之水，可以杀其势，深利于三州之田也"。

3. 疏浚宜兴百渎，使荆溪之水畅达太湖，利于宜兴湖溇圩田的灌排。

4. 开吴江塘岸之东茭芦之地，迁沙村之民，凿开吴江塘路为木桥千所。计划每一里造桥十所，每桥有二丈余拱道，千余条桥共开水面二千丈，计11里40步，"随桥拱开茭芦为港走水"，扩大太湖的出水口。于下流浚治白蚬、安亭二江，使太湖水由华亭青龙入海，如是，"则三州水患必大衰减"。

5. 疏浚临江、湖、海的所有泄水港渎，等水泄后再筑田围。他反对郏亶先治



田后决水的观点，认为“昔郏亶尝欲使民就深水之中迭成围岸。夫水行于地中，未能泄积水而先成围田，以狭水道，当春交湍流浩急之时，则常涌行于田围之上，非止坏田围，且淹庐舍矣。此不智之甚也。”诚然，在深水中筑圩，确实有不少困难，但圩堤不修，水势漫流，也无法耕种。所以正确的做法应当是浚河排水，筑圩防水互为表里，同步并进。

对吴淞江的疏浚，单锷认为要保持古河道的曲折宛转，“水随地势东倾入海，虽曲折宛转无害东流也。若遇东风驾起，海潮汹涌倒注则于曲折之间有所回激，而沙泥不深入也”。他不同意将江裁弯开直的做法。然而，古代吴淞江宽广，郏侨《水利书》说：“吴松古江故道深广可敌千浦。”松江旧志称唐代时江阔达 20 里。其时排水畅通，海潮也可直溯而上，所以河道曲折些反而有利。但到宋代河道向海延伸，河身束窄，纵坡变缓，水势已起变化，故而要裁弯使水流顺畅。对这一变化，单锷未认识到。但他能从太湖上、中、下游整体考虑治水，治水的认识又大为前进了一步。

（四）郏侨的治水论说

郏侨（生卒年不详），是郏亶之子，官为将仕郎。他总结了范仲淹、郏亶、单锷之说，参以己见，作成《水利书》一篇（载归有光《三吴水利录》卷一）。郏侨的治水思想，突出处是提出综合治理的方略，及以吴淞江为排洪专道的设想。

郏侨对单纯的“治水说”及“治田说”，认为皆有偏差。他说：“水为东南患，其来久矣，治之者大抵二说：一则以导青龙江，开三十六浦为说，一则以使值利人户浚泾浜，作圩埕为说。是二者各得其一偏，未必俱是。何以言之？若止于导江开浦，则必无近效；若止于浚泾作埕，则难以御暴流。要当合二者之说，相为首尾，乃尽其善。”主张太湖水利的治理应将治水与治田紧密结合，才能奏效。

在洪涝水的治理方面，郏侨论述得更加全面、系统。太湖的水源有西北和西南两大源，单锷仅谈到减少西北方面的水源，没涉及西南水源，而郏侨注意到减少西南水源的问题。在节制西北水源方面他的观点基本与单锷相同，即主张筑胥溪五堰，常州浚通江港浦等。在节制西南水源方面郏侨提出：“杭州迁长河堰，以宣歙杭睦等山源决于浙江。”即对苕溪水系部分流入杭州等地的水流实行高水高排，直接注于钱塘江，使不再流入太湖低地。其指导思想是“旁分其支脉之流，不为腹内畎亩之患”。

对太湖下游的水流，他主张分片排水。为解决苏州、湖州水患，他要求先开昆山县之茜泾浦使水东入于大海；再开昆山之新安浦、顾浦使水南入于松江；开常熟县之许浦、梅里浦使水北入于扬子江；复筑常州无锡县界之望亭堰，并归苏州管辖，可控制常润之水东注之势。为解决常州的水患，他要求决无锡县的五卸堰（即五泻堰，五泻水即今澄锡运河），使水趋于扬子江。为解决秀州的水患，他要求秀州治华亭、海盐诸港浦，疏导积潦。

对太湖的主出水道，郏侨也同意“辟吴江之南石塘多置桥梁，以决太湖会于青龙华亭而入海”。郏侨还特别提出在吴淞江两岸筑堤，使洪涝分开。他说：“为今之策，莫若先究上源水势而筑吴淞两岸塘堤，不唯水不北入于苏，而南亦不入于秀，两州之田乃可垦治。”“开吴淞江而不筑两岸堤塘则所导上源之水辐凑而来，



适为两州之患。”还要求在通吴淞江的大浦置闸控制，其余小河筑堰坝或水窦，防江水进入。太湖地区洪水时期湖水浒漫于整个水网湖荡地区，等松江水退落后，圩区水才能排除，是典型的洪涝不分。然按郏侨的主张在水网地区将排洪道与其余河道隔断，工程量很大，于航运等也不方便，如江中水位抬得太高，对农田、城市仍有威胁。太湖地区排洪问题较为复杂，虽然从水利规划的一般原则来说洪涝分开的技术思想是合理的，但太湖地区如何解决洪涝问题，仍然是需要认真研究的问题。郏侨的主张对后人具有启示的作用。

又郏侨认为解决水利问题不能采用单一措施，需采取综合措施。他说：“言水利者……虽知置堰闸以防江潮，而不知浚流以泄沙涨，故有堙塞之患；虽知决五御堰水，而不知筑堤以障民田，故有飘溺之虞；且复一于开浦决堰，而不知劝民作圩埕浚泾浜以治田。是以不问有水无水之年，苏湖常秀之田不治十常五六。”郏侨推崇古人在河浦上及沿江沿海作堰闸的做法，认为这样，“贼水不壅，久无患害”。

郏侨还主张围裹浅水湖瀼，“平江五县……其浅淤者皆可修治永为良田，若斜塘瀼，大泗瀼、百家瀼之类，深不过三四尺，浅止一二尺而已，本是民田，皆可相视分勒人户借贷钱粮修筑圩埕，开导泾浜。即前所谓湖瀼三十余处往往可治者过半矣”。认为围垦后能“坐收苗赋，以助国用”。

可见，郏侨治理太湖水利的意见比较全面，地区上包括上、中、下游；内容上包括防洪、排水、围垦、治田等方面；措施上采用综合方法，特别是洪涝分流，分片多路排水的技术思想，丰富了太湖水利治理的理论。

（五）其他治水论说

宋元时期，议论太湖治水者众多。但他们的技术思想多师承或补充范仲淹、郏亶、单锷、郏侨诸人之说。北宋末赵霖有太湖《体究治水利害状》[115]谓：“一曰开治港浦，二曰置闸启闭，三曰筑圩裹田，三者阙一不可。”并阐述了这些措施的作用。开浦的作用是“高田引以灌溉，低田导以决泄”；强调置防潮闸“利于近外”，分析了近外的“五利”，即五个方面的好处[116]；筑圩的作用“非谓得以播殖也，将恃此以狭水之所居耳”。因当时“田圩殆尽，水通为一”，风浪危害大，所以要求“大筑圩岸围裹低田，使位位相接，以御风涛，以狭水源，治之上也”。南宋李结有敦本（浚浦筑圩）、协力、因时的《治田三议》。黄震有“复古塘浦，驾水归海”之说。元代任仁发有“浚河港必深阔，筑围岸必高厚，置闸窦必多广”的治水之法。赵霖、李结、任仁发的建议皆被朝廷采纳，付诸实施，说明他们在前人治水认识的基础上提出的治理方法更为实用。两宋时期，特别是在南宋，随着围湖垦田的日益剧烈，围垦与治水的矛盾突出，引起朝野的关注，围绕围湖与复湖的议论大增，成为太湖治水的又一个重要议题。

第四节　两宋之人对东南围湖利弊的认识

东南地区圩田的建成，在很大程度上是围湖成田。杨万里《诚斋集·江东集》称：“圩田元是一平湖，凭伏儿郎筑作圩。”王祯《农书·田制门》称：“围田，筑土作围，以绕田也。盖江淮之间，地多薮泽，或濒小，不时渰没，妨于耕种，其有

力之家，度视地形，筑土作堤。环而不断，内容顷亩千亩，皆为稼地。……复有‘圩田’，谓叠为圩岸，捍护外水，与此相类。虽有水旱，皆可救御。”故而圩田农业也可称为湖区农业。湖淤之区土地肥沃，所以围湖造田成为古代扩大耕地的一种重要途径。

宋代之后，东南地区人口剧增，人地矛盾突出，因此产生了大规模与水争地的活动，不仅围垦浅水沼泽，还占湖、废湖为田，致使围垦与水利矛盾尖锐，生态平衡失调，水旱灾害增多，引起围湖与复湖的持续争论，促使人们全面地认识湖泊的作用，以及探索合理利用水土资源的问题。

一、围湖与复湖的状况

北宋前期，管理制度严格，“山泽陂湖不得占固”[117]。不允许私垦山地和湖泊，因此只有少量“盗湖为田”的现象发生，如淳化二年（公元991年）鄞县的广德湖、大中祥符间绍兴鉴湖出现的盗湖为田事件，官府都严格加以处理，坚持“按治复湖”[118]。宋哲宗朝起政府开始鼓励围湖为田。宋徽宗时期朝政腐败，对内对外开支庞大，入不敷出，于是大量围湖为田，以增加收入。《文献通志》卷六谓：“圩田湖田多起于政和以来，其在浙间者隶应奉局，其在江东者蔡京秦桧相继得之。”这一时期实行废湖为田的地区集中在浙东和江东。

南宋偏安一方，东南人口大为增加，皇室、望族和军队不少迁到两浙地区，贪婪地围垦湖淤之地，甚至废湖为田，故南宋时围湖垦田问题最多的地区即为两浙地区。宋高宗绍兴二十三年（公元1153年），谏议大夫史才说：“浙西民田最广，而平时无甚害，太湖之利也。近年濒湖之地多为兵卒侵据，累土增高，长堤弥望，名曰坝田。旱则据之以溉，而民田不沾其利；涝则远近泛滥，不得入湖，而民田尽没。”[119]曾下诏禁诸军在濒湖浅滩擅自作坝田。

由于豪户将“平时潴水之处坚筑塍岸，包广田亩，弥望绵亘不可数计”，致使泄水之道多被湮塞。宋孝宗即位后，深感乱围湖泊之害，他说：“闻浙西自围田即有水患，前此屡有人理会，竟为权要所梗。”[120]他多次下令开围复湖。

然而围田是大利之所在，光宗、宁宗时期官豪又大肆围湖为田，加上南徙淮农需要安置，于是开掘的湖田，又许原主复围。庆元二年（公元1196年）户部尚书袁说友等称：“浙西围田相望，皆千百亩，陂塘溇渎，悉为田畴。”[120]开禧二年（公元1206年）御史中丞签书枢密院事卫泾在《东南水利奏》中说：“隆兴、乾道之后，豪宗大姓，相继迭出，广包强占无岁无之。陂湖之利日朘月削，已亡几何，而所在围田则偏满矣，以臣耳目所接，三十年间，昔之曰江、曰湖、曰草荡者，今皆田也。”[121]可见当时东南围湖垦田的广泛和剧烈。由于滥围后水旱灾害增多，朝廷曾多次下诏禁止围田。

表3－1－4－1　　　　南宋禁止两浙、江东围田的禁令

时　　间	禁令内容
绍兴二年（公元1132年）五月己巳	废绍兴府余姚、上虞县湖田为湖，溉民田
绍兴二十三年（公元1153年）秋七月庚戌	禁诸军濒太湖擅作坝田
隆兴二年（公元1164年）八月戊午	命江东、浙西守臣措置开决围田
乾道二年（公元1166年）夏四月庚辰	诏两浙漕臣王炎开平江、湖、秀围田



（续表）

时　　间	禁令内容
乾道二年（公元1166年）五月癸未	禁浙西修筑围田
乾道二年（公元1166年）六月丙戌	废永丰圩（注：《宋会要辑稿·食货八之九》载“后复诏仍旧不开”。）
淳熙三年（公元1176年）秋七月乙丑	禁浙西围田
淳熙八年（公元1181年）二月戊子	禁浙西民因旱置围田者
庆元三年（公元1197年）三月庚子	禁浙西州军围田
嘉泰元年（公元1201年）九月辛亥	遣朝臣二人决浙西围田
嘉定三年（公元1210年）秋七月辛卯	申严围田增广之禁
嘉定八年（公元1215年）九月乙亥	申严两浙围田之禁

注：据《宋史·本纪》记载制成本表

这些禁令并没有很好地执行，围湖为田者都是有势力的人，朝廷也无奈他们，而且政府本身也时禁时围，政策多变。

两宋时期东南因围垦而废毁和缩小的湖泊很多。浙东被废的湖泊有绍兴鉴湖、诸暨72湖（围成湖田23万余亩）、上虞14所陂塘、余姚13所陂塘、鄞县广德湖等；湖面缩小的有萧山湘湖、上虞夏盖湖、鄞县东钱湖。浙西废毁的湖泊有华亭的泖湖（包括圆泖、大泖、长泖三泖）、白蚬湖、洋湖、莺窦湖、来苏湖、唳鹤湖、永兴湖，昆山的百家瀼、大泗瀼、鳗丽湖、江家瀼，及各地众多的草荡；缩窄的湖泊有太湖，华亭淀山湖、当湖，常熟尚湖（常湖），无锡芙蓉湖，杭州西湖，丹阳练湖等。江东废毁的湖泊有路西湖、童家湖等；缩窄的湖泊有丹阳湖、石臼湖、固城湖等。甚至福建莆田潴水灌溉的五塘（胜寿、西衡、大和、屯前、东塘）也被围尽，木兰陂也被巨室围裹[122]。两宋时期东南地区的围湖是历史上最为剧烈的一个时期，由于围湖的盲目性，造成围湖与水利、农业、航运、渔业等尖锐矛盾，生态环境恶化，引起朝野的关注，围绕着围湖与复湖的议论很多，演成农田水利史上的一场大辩论。

二、围湖垦田利弊的认识

大致来说，北宋时期东南地区水面广阔，耕地开发的潜力较大，因此提倡围湖垦田的人士居多。南宋时期盲目围垦剧度增加，水土矛盾尖锐，反对围湖垦田的人士居多。朝廷为本身的利益，时而主围，时而主禁，摇摆不定。

赞成围垦的代表人物有郏亶、郏侨、韩元吉、王仲嶷、黄震等人。其理由主要有：（1）围湖垦田可增加粮食生产和国家赋税收入，“以助国用”，“乃国之利”。（2）湖泊自然淤淀而成田法。（3）围垦不妨碍民间水利。（4）围垦本身没错，主要是水利失修。

郏亶的《水利书》中反驳“国初之税才十七八万石，今乃至三十四五万石，是障陂湖而为田之过”的说法，认为“是说最为疏阔……借使变湖为田增十七八万为三十四五万乃国之利，何过之有”。他举出一些瀼、荡之类，其深不过五尺，浅者可二三尺，是古之良田，皆可复围为田。通过治理取得浩博之大利。

郏侨《水利书》中举出平江（治今苏州市）五县有湖瀼陂淹荡30余处，他主张将水深者，如练湖之类大作堤防以潴水；水浅者只有三四尺、一二尺者，“本是



民田，皆可相视分勒人户借贷钱粮修筑圩岸开导泾浜”。大致30余处湖瀼可治为田过半。并举江东万春圩、吴地陈满塘为证，说：两处“昔积水之地，今悉治为良田，坐收苗赋以助国用，此治湖为田之验也”。

政和中越州太守王仲嶷要求废鉴湖、夏盖湖为田，其理由陈橐《夏盖河议》[123]中曾列出：“王仲嶷建请以为田，乃引鉴湖自然淤淀已成田陆为说，又有不妨民间水利之语。”王仲嶷以湖田租税进奉为名，要求废湖，很快得到批准，遂废鉴湖、夏盖两湖为田。

南宋时许多人指责江东永丰圩的危害，“横截水势，每遇泛涨，冲决民圩，为害非细”。而漕臣韩元吉认为危害来自永丰圩庄中武夫侵民，“非圩田能病民也”[124]。在他的要求下，开掘之命遂寝。

南宋末，反对围湖为田的呼声很高，但黄震并不附和，他说：“议者多谓围田增多，水无归宿，然亦但见近来之弊。古者治水有方，高下皆成良田，其后堤防既坏，平陆亦成川泽。就使围田尽去，水之未能速入于海，固自若也。”认为问题不是围田太多，而是水利失修。“惟复古塘浦，驾水归海，可冀成功。”[125]

反对围湖垦田的代表人物有罗拯、曾巩、王十朋、徐次铎、王廷秀、陈橐、李光、张抑、袁说友、卫泾等人。他们指出围湖垦田的危害：（1）破坏水利，加重水旱灾害。（2）湖泊的多种经济用途丧失。（3）农业生产总量下降，国家赋税收入减少。（4）引起社会矛盾更加尖锐。

知秀州的罗拯是较早提出禁止围垦湖泊的人士。嘉祐五年（公元1060年）他针对当时侵占湖塘的现象说：“豪势人将众户蓄水陂湖请射量、出租税，有妨旱岁溉救民田。”尤其反对围垦越州鉴湖，认为鉴湖“灌田数万余顷，其为越人之利甚大”[126]。指出围垦湖泊影响最大的是无水灌溉。

之后，曾巩、王十朋、徐次铎三人论说复鉴湖的议论最为著名。曾巩，熙宁二年（公元1069年）通判越州，他的《元丰类稿》卷一三有“序越州鉴湖图”一文，文中针对围湖派“湖田之入既饶矣”的说法进行了反驳。他说：“夫湖未尽废，则湖下之田旱，此方今之害；……使湖尽废，则湖之为田者亦旱矣，此将来之害。”此时鉴湖还未全废，认为鉴湖日益被围垦的根本原因是“法令不行”。绍兴末佥判绍兴府的王十朋著有《鉴湖说》[127]。当时鉴湖已废，他提出废湖为田有三大害。一害是：“山阴会稽昔无水旱之患者，鉴湖之利也，今则无岁无灾。”因“自废湖为田，每岁雨稍多则田已淹没；晴未久而湖已枯竭矣”。二害是：鉴湖原来蓄积诸山三十六源之水，湖废后，“三十六源之水无吞纳之地……必有漂庐舍败城郭鱼人民之患”。三害是：原来越州“岁无水旱，而民足于衣食”，废湖后水旱灾害增多，“比年以来狱讼繁兴，人民流亡，盗贼多有，皆起于无年”。认为“湖固不可不复也”。庆元二年（公元1196年）会稽县尉徐次铎撰有《复镜湖议》[128]，指出鉴湖废后，“昔之湖本为民田之利，而今之湖反为民田之害”。春水泛涨之时，民田不需要用水，而耕湖者惧水害，常决堤纵水，使民田遭受水潦之害；夏秋之时，雨或愆期，又无潴蓄水灌溉，于是会稽山阴两县农田无处无水旱。湖田租税上供，岁不过五万余石，两县遭灾后所放赈济每岁不啻十余万石；湖田不过二千余顷，耕湖之民不过数千家，而两县湖下之田有九千余顷，民数万多，废湖



得少而损失大。还提出湖泊资源具有综合利用的见解。

北宋末年王廷秀《水利记》[123]记述了鄞县广德湖废毁的过程。文中最后说：楼异"经理湖为田八百顷，募民佃租，岁入米仅二万石。于是西七乡之田，无岁不旱。异时膏腴，今为下地，废湖之害也"。广德湖可灌溉农田二千顷，原来灌区单季一亩收谷六七石，废湖之后，所收不及前之一半，每年所失谷五六十万石[129]。

绍兴期间陈橐撰有《夏盖河议》[123]，对政和中王仲嶷的废湖说加以反驳，认为王仲嶷的"湖自然淤淀已成田陆"，"不妨民间水利"之语，"其欺罔甚矣"。他说，上虞、余姚所管陂湖30余所，以夏盖湖最大，周围105里，灌溉上虞县新兴等五乡及余姚县兰凤乡。此六乡濒海，水流易泄，农田数十万亩，籍夏盖湖灌溉。"植利人户，倚以为命，而乃尽夺之，虽尽得湖田租课，十不补其三四。"并举靖康元年、建炎元年湖田租课，两年共得5 400余石，而因民田受旱，两年计检放秋米却达22 500余石为例，说明废湖所得大大小于所失。

绍兴三年（公元1133年）吏部侍郎李光对浙东围湖为田加以指责。他说：明、越之境，"大抵湖高于田，（田）又高于江海，水少则泄湖水入田，水多则泄田水入湖（应为海），故无水旱之岁，荒废之田也。自政和以来楼异知明州，王仲嶷知越州，内交权臣专务应奉，将两郡陂湖废为田，涝则增溢不已，旱则无灌溉之利，而湖之为田亦旱矣，百姓失业者不可胜计。"要求自政和以来废湖为田者复以为湖[130]。

淳熙十年（公元1183年），大理寺丞张抑言："陂泽湖塘，水则资之潴泄，旱则资之灌溉。近者浙西豪宗，每遇旱岁，占湖为田，筑为长堤，中植榆柳，外捍茭芦，于是旧为田者，始隔水之出入。苏、湖、常、秀昔有水患，今多旱灾，盖出于此。"[131]强调了湖泊的蓄洪和灌溉的作用，及浙西大肆围湖后旱灾增多的事实。

庆元二年（公元1196年），户部尚书袁说友也说："浙西围田相望，皆千百亩，陂塘溇渎，悉为田畴，有水则无地可潴，有旱则无水可戽，不严禁之，后将益甚，无复稔岁矣。"[131]建议严禁围湖为田。

开禧时（公元1205~1207年），卫泾撰《论围田扎子》一文（《后乐集》卷一三），批驳了"围田既广，则增租亦多，于邦计不为无补"的论点。认为筑堤围湖阻塞水流出入之路，使"陂湖之利，日朘月削"，湖田独擅灌溉之利，民田得不到灌溉；水涝时，决水入民田，民田于是受害。而围田地势低，收成也得不到保证，"围田侥幸一稔，增租所入有几？而常岁倍收之田，小有水旱，反为荒土。常赋所损，可胜计哉"。要求退田还湖，"尽复曩时之旧"。

两宋时呼吁制止围湖为田的言论还很多，连篇累牍，不再一一列举。

两宋时对围湖利弊的反复剧烈争论，提出了如何合理规划，开发利用湖区水土资源这一重大问题。

首先围湖垦田的利与弊是可以转化的，湖区围垦必须适度，统筹安排。从自然演变的一般规律来说，湖泊受泥沙长期的淤积，湖床逐渐变浅，滩地出露，水面缩小，为人们辟土造田创造了条件。适应农业生产发展的需要，对淤涨较高、调蓄作用不大的湖滩草荡，合理围垦，是湖区扩大耕地的必由之路。太湖平原、皖南平原等地古代沼泽、草荡水面浩大，滩地广袤，国家有组织地在较大范围内进行治水垦



殖活动，圩岸高厚，水系完整，水利与围垦相互促进，推动了社会经济的发展。

宋代是历史上东南地区围湖造田最剧烈的一个时期。围垦虽然增加了许多耕地，但问题也不少。从时段来说，大体北宋政和之前围田的发展利较多，政和以后弊较多。清代顾炎武《日知录》卷十称："宋政和以后围湖占江，而东南水利亦塞，于是十年之中，荒恒六七，民间遂有无穷之害。"政和以后灾害增加，围垦不当是其中的一个主要原因。从地区来说：浙西、江东在北宋时水体面积大，浙西平江府五县"积水几四万顷"（郏侨《水利书》），比太湖的面积还大，不少积水地是过去的良田，所以这时提倡筑围，是发展农业生产的积极措施。江东古丹阳湖地区，北宋嘉祐以前，每逢汛期，湖泊与低洼地积水连成一片，方圆三四百里，也只有修筑围田工程，才能辟地造田，发展农业生产。然而北宋政和以后，直至南宋时期，大肆盲目围湖垦田，只顾局部，不看全局，只顾眼前，不看长远。修筑的圩田隔绝水流出入，使上下游水利矛盾增多，又围田面积过多，蓄水面积不够，量变转为质变，利弊发生转化，形成"浙西自有围田，即有水患"的局面。浙东明、越的湖田与浙西围田、江东圩田性质有所差别。明、越的地形是狭长的平原，一面背丘陵山地，一面面向大海，河流暴涨暴落，往往大雨即洪水成灾，稍晴即旱魃为害。为了滞洪与灌溉的需要，古时人们特意修筑人工湖泊，扩大原有的湖泊，或利用天然湖泊。湖泊在当地至为重要，"农夫望之为命，盛夏时争水或至斗相杀。然上下历代则田日增，湖日损……地狭人稠，固其势也"[132]。浙东的围垦湖泊从开始起即是损害水利的。湖泊围垦后对当地生产影响很大，故遭到的指责很多。

故而，与水争地必须适度，做到统筹安排，围垦与水利兼顾。

第二，以可持续发展的标准，正确规划、处理围湖垦田问题。湖泊具有分洪滞洪作用，又是灌溉之源，又具舟楫之便，水产之利。两宋时期通过争论认识到湖泊的这一系列巨大的不可替代的作用。然而湖泊有其形成、发展、消亡的演变规律，就是说湖区的水土资源是在不断变化的。如何开发利用淤涨较高的滩地和形将消亡的湖泊，如何进行合理的围垦？两宋时期也已提出一些标准，即经济能否稳定发展，社会能否安定，生态环境是否良好。不少人士对只顾局部和眼前利益的急功近利的围垦行为坚决加以反对，这是有积极意义的。

河、湖滩地的过分围垦，使河浦堙塞，河流的行洪断面减少，湖泊蓄洪作用降低，"有水则无地之可潴，有旱则无水之可戽"。（袁说友语）湖泊围垦的面积愈大，在同一频率的洪水情况下，江河的洪峰水位就愈高，圩堤的高度也要提高，否则圩区就要受淹，并迫使一些低圩区又复而为湖。如江东永丰圩横截水势，水患危及宣、池、太平、建康数州民田。因此，围湖垦田必须合理地进行规划。

湖区的围垦有技术问题，如确定围垦的位置和围垦面积的大小，处理蓄洪与垦殖之间的关系，作好围内和围外的水利规划等。但宋代产生围湖的严重问题，主要不是技术原因，而是当时社会迫切需要增加耕地，以及统治阶级和豪强地主的贪婪造成的。如鉴湖围垦后获得了2300余顷土地，绍兴平原原有耕地9 000余顷，围垦鉴湖增加了四分之一多的耕地，这一价值是很大的，无论对官府还是民众都具有极大的吸引力，所以尽管地区水旱灾害增加，不断有人呼吁复湖，也提出了几种复湖的方案，这在当时的技术来说也是可以做到的，然始终未能实现。绍兴水旱灾害



频繁的局面延续了数百年，直到明代大修水利工程，在平原地区形成新的河湖网后才有改善，因此，这一教训是深刻的。明代徐光启针对鉴湖的围垦问题曾说："凡湖皆自然淤淀，但不宜多作田以尽之，使水无所容耳。"[123]围湖垦殖孰利孰弊衡量的标准应从经济、社会、生态等综合效益去衡量，以确保水利和生产的持续发展，并对围垦过度，为害严重，或本身灾害频繁的围田坚决退田还湖，这是历史给我们提供的深刻经验教训。

参考文献

〔1〕《杜少陵集》卷一三《忆昔二首》之二。

〔2〕《宋史》卷三二七《王安石传》称，熙宁时推行新法，"自是四方争言农田水利，古陂废堰，悉务兴复"。

〔3〕宋·庄季裕：《鸡肋编》卷上。

〔4〕《新唐书》卷一三七《郭子仪传》。

〔5〕明·顾炎武：《日知录》卷一二《水利》。

〔6〕详见汪家伦、张芳：《中国农田水利史》，农业出版社，1990年，第235~237页。

〔7〕《建炎以来系年要录》卷一五八。

〔8〕详见袁震：《宋代人口》，《历史研究》1957年第3期。

〔9〕唐·陆龟蒙：《耒耜经》，载《四部丛刊·集部·唐甫里先生文集》。

〔10〕王安石、苏东坡、楼琇、陆游、范成大等人的诗句中都描写过江南地区的龙骨水车。

〔11〕《旧唐书》卷一四一《田承嗣传》。

〔12〕唐·杜牧：《上宰相求杭州启》，《全唐文》卷七五三。

〔13〕《宋史》卷三三七《范祖禹传》。

〔14〕《宋会要辑稿》"食货七"之一一。

〔15〕《宋会要辑稿》"食货一"之二八。

〔16〕《宋史》卷九五《河渠志五》。

〔17〕《宋会要辑稿》"食货一"之二三。

〔18〕《宋会要辑稿》"食货一"之三六。

〔19〕元《无锡县志》，《四库全书》本。

〔20〕雍正《江南通志·水利篇》，《越绝书·吴地传》。

〔21〕明·董说：《七国考·楚食货》引《一统志》："申浦在江阴县西三十里，昔春申君开，置田为上下屯，自大江南导，分而为二，东入无锡，西入武进戚墅，俱达于运河。今江阴之山川，多以春申取义。"

〔22〕《永乐大典》卷二二七六引《吴兴志》。

〔23〕《吴兴山墟名》、《太湖备考》卷三。

〔24〕《永乐大典》卷二二七六"塘"引《吴兴志》原注。

〔25〕乾隆《湖州府志》卷一五《水利·塘堰》。

〔26〕嘉泰《吴兴志》卷一九引《吴兴记》。

〔27〕《元和郡县志》卷二五《江南道一·湖州乌程县》。又见徐献忠《吴兴掌故集》。

〔28〕详见《宋书》卷九九《始兴王刘浚传》，《梁书》卷八《昭明太子传》。

〔29〕光绪《常昭合志稿》卷九《水利志下》。

〔30〕《宋史》卷一七三《食货志上一》："昔人于常熟之北开二十四浦，疏而导之江，又于



昆山之东开一十二浦，分而纳之海。”

〔31〕吕温：《韦府君神道碑》，《文苑英华》卷九○一。

〔32〕《全唐文》卷四三○，以下未注明出处者，均引自该文。

〔33〕唐·韩愈：《崔评事墓铭》，见《韩昌黎集》。

〔34〕同治《苏州府志》卷九《水利一》。

〔35〕《新唐书》卷四一《地理志五》。

〔36〕乾隆《苏州府志》卷六“堤松江为路……建宝带桥。时松陵镇（今吴江县）南、北、西俱水乡，抵郡（苏州）无陆路，至是始通”。

〔37〕《永乐大典》卷二二七六《吴兴志》注；筑蒲帆塘年代，据乾隆《湖州府志》卷一五《水利·塘堰》。

〔38〕唐·韩愈：《送陆歙州诗序》，《全唐文》卷五五五。

〔39〕《旧五代史》卷一三三《钱佐传》。

〔40〕宋·郏侨《水利书》，载范成大《吴郡志》卷一九。

〔41〕宋·单锷：《吴中水利书》，载《东坡全集》卷二九。

〔42〕清·金友理：《太湖备考》卷三水治。

〔43〕宋·范仲淹：《答手诏条陈十事》，载《范文正公集·奏议上》。

〔44〕明·沈啓：《吴江水考》卷三《水议中》。

〔45〕《宋会要辑稿》“食货七”之三四。

〔46〕以上见《宋史》卷一七三《食货志上一》。

〔47〕宋·范成大：《吴郡志》卷一九。

〔48〕宋·卫泾：《后乐集》卷一三《论围田扎子》。

〔49〕《宋史》卷一七三《食货志上一》。

〔50〕《宋会要辑稿》“食货六”之三一。

〔51〕洪武《苏州府志》卷一○《田亩》。

〔52〕光绪《高淳县志》引清·方苞《三元观记》称：“汉末吴将周瑜驻屯于此。”三元观在永丰圩沧溪镇。《三国志·吴书·陆逊传》载：陆逊讨伐皖南山民，“得精卒数万人……还屯芜湖”。

〔53〕《三国志》卷六一《吴书·陆凯传》。

〔54〕嘉庆《芜湖县志》卷二○载元·朱大珍《龟龙寺记》：“芜湖东四十里，有圩曰咸保，古丹阳湖地，世传吴赤乌二年围湖成田。”光绪《高淳县志》卷一五引宣城王舜功语：“金宝围即金钱湖，其下对岸则固城湖……至孙氏起江东，中原避乱者多归之，无田可种，始将金钱等处兴筑围田，各分疆里，多为邑里。”

〔55〕《三国志》卷六四《吴书·濮阳兴传》。

〔56〕一说浦里塘在今当涂大公圩处。

〔57〕宋·沈括：《万春圩图记》，载《长兴集》卷二一。

〔58〕光绪《宣城县志·水利》“化成圩缘起补证”。

〔59〕《宋会要辑稿》“食货八”之九。

〔60〕《宋史》卷三七三《洪遵传》。

〔61〕《宋会要辑稿》“食货六”之一三六。

〔62〕南宋·杨万里：《诚斋集》卷三二《圩丁词》。

〔63〕《宋会要辑稿》“食货七”之三三。

〔64〕《宋会要辑稿》“食货七”之五六。

〔65〕《宋会要辑稿》“食货六”之一九。



〔66〕《宋史》卷四三四《薛季宣传》。

〔67〕《叶适集》卷一八《华文阁待制知庐州钱公墓士铭》。

〔68〕《宋史》卷四一〇《娄机传》。

〔69〕曾昭璇研究认为，唐代已开始出现堤围。见《珠江三角洲唐代堤围历史地貌学研究》，载《农史研究》第六辑。

〔70〕康熙《高要县志》。

〔71〕嘉靖《广东通志》卷四七。

〔72〕嘉庆《桑园围志》卷一奏稿。

〔73〕嘉庆《东莞县志》卷一三。

〔74〕参见《珠江三角洲农业志·珠江三角洲堤围和围垦发展史》。

〔75〕宋·朱熹：《朱文公文集》卷二五《与建宁诸司论赈济札子》。

〔76〕《宋史》卷三五《孝宗纪》。

〔77〕宋·赵霖：《体究治水利害》，范成大《吴郡志》卷一九。

〔78〕明·顾炎武：《天下郡国利病书》卷一七江南五。

〔79〕宋·沈括：《万春圩图记》，载《长兴集》卷二一，见《四部丛刊三编·集部·沈氏三先生集》，下文未注明出处均见此文。

〔80〕湖南常德县出土的张颙《墓志铭》（张问撰），引自邓广铭《不需要为沈括锦上添花——万春圩并非沈括兴建小考》，《学术月刊》1979 年第 1 期。

〔81〕光绪《桑园围志》卷四《修筑》。

〔82〕《续文献通考》卷三《田赋三》。

〔83〕南宋·杨万里：《诚斋集》卷三二《江东集·圩丁词》。

〔84〕《宋会要辑稿》“食货八”之一四。

〔85〕《宋会要辑稿》“食货六”之一三〇。

〔86〕《宋会要辑稿》“食货七”之五一。

〔87〕《宋史》卷一七三《食货志上一》。

〔88〕《宋会要辑稿》“食货八”之五二。

〔89〕《宋会要辑稿》“食货八”之四四。

〔90〕《宋会要辑稿》“食货七”之五〇。

〔91〕《建炎以来系年要录》卷一六五。

〔92〕《宋史》卷一七三《食货志上一》。

〔93〕宋·朱长文：《吴郡图经续记》卷下；乾隆《苏州府志》卷六。

〔94〕清· 吴任臣：《十国春秋》卷七八《武肃王世家下》。

〔95〕“开江营”，载康熙《常熟县志》卷一。

〔96〕吴越·范垌、林禹：《吴越备史·今大元帅吴越国王》。

〔97〕清·吴任臣：《十国春秋》卷七八《武肃王世家下》。

〔98〕宋·范仲淹：《答手诏条陈十事》，《范文正公集·奏议上》。

〔99〕尹焕章、张正祥：《对江苏太湖地区新石器文化的一些认识》，《考古》1962 年第 3 期。

〔100〕褚绍唐：《历史时期太湖主要水系的变迁》，《复旦学报·历史地理专辑》1980 年 2 月。

〔101〕谭其骧：《上海市大陆部分的海陆变迁和开发过程》，《考古》1973 年第 1 期。

〔102〕宋·朱长文：《吴郡图经续记》卷下《治水》。

〔103〕南宋·杨潜：《绍熙云间志》卷中。



〔104〕《宋史》卷九六《河渠志六》；沈岱：《吴江水考》卷三《水议上》。

〔105〕乾隆《苏州府志》卷六《水利一》。

〔106〕《宋史》卷九七《河渠志七》。

〔107〕嘉庆《松江府志》卷一〇。

〔108〕《元史》卷六五《河渠志二》。

〔109〕明·张国维：《吴中水利全书》卷四《水脉》。

〔110〕明·沈岱：《吴江水考》卷三《水议上》。

〔111〕元都水书吏吴执中"言顺导水势"，载同治《苏州府志》卷九《水利一》。

〔112〕同治《苏州府志》卷九《水利一》；归有光：《三吴水利录》卷四。

〔113〕元·周文英：《论三吴水利》，同治《苏州府志》卷九《水利一》。

〔114〕以上见同治《苏州府志》卷九《水利一》。

〔115〕同治《苏州府志》卷九，下同，而黄震水利议载《吴江水考增辑》卷三。

〔116〕北宋赵霖认为防潮闸近外的"五利"为："今开浦置闸，潮上则闭，潮退即启，外水无以自入，里水日得以出，一利也；外水不入则泥沙不淤于闸内，使港浦常得通利，免于堙塞，二利也；濒海之地仰浦水以溉高田，每若咸潮多作堰断，若决之使通则害苗稼，若筑之使塞，则障积水，今置闸启闭，水有泄而无入，闸内之地尽获稼穑之利，三利也；置闸必近外，去江海止可三五里，使闸外之浦日有澄沙淤积，假令岁事浚治，地里不远，易为工力，四利也；港浦既已深阔，积水既以通流，则泛海浮江货船木栰或遇风作，得以入口住泊，或欲住卖得以归市出卸，官司遂可以闸为限，拘收税课以助岁计，五利也。"

〔117〕《宋会要辑稿》"食货七"之一二。

〔118〕宋·曾巩：《元丰类稿》卷一三、一九。

〔119〕《宋吏》卷一七三《食货志上一》。

〔120〕《宋会要辑稿》"食货八"之八。

〔121〕南宋·卫泾：《后乐集》卷一三《论围田扎子》。

〔122〕闵宗殿：《两宋东南围湖——一个不能忘却的历史教训》，载《太湖水利史论文集》，1986年；张芳：《宋代两浙的围湖垦田》，《农业考古》1986年第1期。

〔123〕《农政全书》卷一六《水利》。

〔124〕《宋会要辑稿》"食货八"之三。

〔125〕《黄氏日抄》卷八四。

〔126〕《宋会要辑稿》"食货七"之一五。

〔127〕《梅溪王先生文集》后集卷二七。

〔128〕嘉泰《会稽志》卷一三《镜湖》。

〔129〕《宋会要辑稿》卷七之四五。

〔130〕《宋会要辑稿》"食货七"之四一。

〔131〕《宋史》卷一七三《食货志上一》。

〔132〕《天下郡国利病书》卷八五《浙江三》。



第二章
挡潮蓄淡

我国有漫长的海岸线，大陆岸线总长 18 000 余公里。古代滨海平原的居民为了卫护农田和村庄免受海潮的侵袭，很早就创建了海堤（海塘）工程。又滨海平原地区海水常沿通海河港上溯，导致大片农田盐碱化，古代人民于是在通海的溪河上修建堰闸，隔断海潮入侵，并潴蓄淡水灌溉，积极开发海涂田，发展农业生产。

海堤工程以潮灾为害严重的江浙滨海平原修筑最早，到唐、五代时，已全线建成系统的海塘。接着，闽粤也相继在河口海湾平原修筑海堤。海塘的大量修筑，促使海塘工程技术有了长足的进步，出现了各种结构形式的海塘工程。我国古代的海塘在工程技术上多有建树，闻名遐迩。

堰闸与海堤工程相配合，起拒咸蓄淡和排涝灌溉的作用。唐宋元时期，东南沿海人民为保证农业生产的丰稔，修建了许多堰闸工程，以它山堰和木兰陂最为著名。拒咸蓄淡堰闸工程是我国人民开发滨海农田创造的具有特色的水利工程，值得大为称道。

第一节　海塘的修筑和塘工技术的演进

东南沿海分布着大片平坦的原野，平原与浩茫的大海连成一片，由于潮差大，风暴潮多，大潮常常侵袭平原，席卷村庄，淹没农田，强劲的海涛还冲蚀海岸，使陆地塌入大海。隋唐以后东南沿海地区开发加快，经济日益发达，故需要修筑防御海潮的坚固海塘。历史上江浙海塘一直是修筑的重点地段。闽粤沿海因围垦海涂的需要，也筑有一些捍海堤。古代人民在修筑海塘的过程中，为适应各个地区的海岸地质条件和动力状况，相继创造出多种海塘工程结构形式，塘工技术不断进步。

一、海塘的修筑和分布

（一）江苏海塘

江苏海塘（包括今上海市海塘）以长江为界，分南北两大部分，长江以南的称为江南海塘，北自常熟福山港，南至浙江平湖金丝娘桥，长 240 公里，长江以北的以淮河为界，分为淮南和淮北两段。

江苏南部平原，东汉以后沿海一带有了一定的开发。三国东吴孙皓时，在金山筑咸潮塘[1]。金山，现是海中岛屿，但晋以前海岸线在金山至王盘山一线，当时“风激重潮，海为水害”，故修筑了一道海塘。这是苏南见于记载最早的海塘。东晋成帝咸和时（公元 326～334 年），吴国内史虞潭，“修沪渎垒，以防海抄”[2]。隆安四年（公元 400 年），吴国内史袁山松继筑沪渎垒[3]。当时松江在青龙镇东入海，其青龙镇以下的入海河段，称为沪渎。“沪渎垒”筑于沪渎沿岸，起挡潮的功用，故而就是海塘[4]。之后，挡潮工程由零散的塘堤逐步向系统的海塘发展。唐代时，苏南沿海建成了绵亘一线的海塘。《新唐书·地理志五》载：“盐官……有



捍海塘堤，长百二十四里，开元元年（公元713年）重筑。”[5]这条海塘南从浙西盐官起始，北至吴淞江口。海塘是“重筑”，说明开元前曾筑过海塘。开元海塘大致在当时海岸线沙带上，西距冈身约20余公里，即在浦东的北蔡、周浦、下沙、航头一线，这一海塘岸线已为考古调查所证实[6]。海塘的系统建成，使沿海平原大规模垦殖有了保障，如天宝时华亭县（今松江县）的设置，及广德年间大规模的屯田垦殖，都是开元海塘建成之后的活动。

中唐以后，华亭北部岸线外涨迅速，为了开发新涨滩涂，南宋乾道八年（公元1172年），华亭知县丘密主持增筑一道海塘，即华亭捍海塘堰。这条捍海塘堰的位置，“起嘉定老鹳嘴（今高桥北）以南，抵海宁之澉浦以西”[7]。其位置大致在今川沙、顾路、南汇、大团、奉城、柘林一线。华亭南部的海岸，受东海强大潮势的冲击，加上长江口南沙嘴的发育，导致潮流顶冲华亭南部海岸，遂将通海17条河港筑堰捺断。乾道时丘密又将新泾塘闸改筑为堰，形成捍海十八堰。这样十八堰就与海塘相连成一个整体，增强了防护能力。元代华亭沿海又遭到数次大的潮灾。大德五年（公元1301年）华亭一带海潮大溢，冲毁海塘。飘没居民17 000余口，当年重筑海塘，塘高一丈，面阔一丈，底二丈，称为大德海塘。至正二年（公元1342年）又加增筑[8]。

两淮滨海地区，地势平坦，东临黄海，潮灾严重，历史上也很早修筑了挡潮堤防。淮北的经济开发早于淮南，兴筑海堤防御海潮内侵，淮北修筑在前，南北朝时已经筑堤，地点集中在海州湾地区。《北齐书》卷二四《杜弼传》记载：天保间（公元550～559年），“杜弼行海州事……于州东带海起长堰，外遏咸潮，内引淡水”。当时云台山尚是大陆外的岛屿，海州城在今海州镇，濒临大海。杜弼所筑捍海长堰，当在今锦屏山以北，海州以东一带。

隋唐以后，海州地区的经济日益繁盛，修筑的海堤日渐增多。据《太平寰宇记》卷二二记载：隋开皇九年（公元589年），东海县（治今南城镇）令张孝徵在县北三里筑西捍海堰，“南接谢禄山，北至石城山，南北长六十三里，高五尺”。唐开元七年（公元719年），县令元暖又在东海县东北三里造东捍海堰，“西南接苍梧山，东北至巨平山，长三十九里”。这些海堤部署在云台山麓冲积平原的前缘，“外足以捍海潮，内足以贮山水，大获浇溉”，发挥了拒咸蓄淡的功效，促进了云台山下滨海地区农业的开发。又开元十四年大潮灾后，由刺史杜令昭主持，在朐山县（治今海州镇）东20里修筑长六七里的海堤一道，称之为“永安堤”。此堤对保障州城安全和农业生产作用很大。唐代以后，海州海势减弱，修筑海塘的记载就很少了。

淮南海堤的修筑，始于唐代。唐中期以后，楚、扬二州设屯，对江淮地区进行大规模开发。为适应屯区农业发展，唐大历中根据淮南西道黜陟使李承的建议，于楚州东筑捍海堰，北起盐城，南达海陵，长142里[9]。捍海堰筑后，有力地抵御了海潮的入侵，屯区内大片斥卤之地成为沃壤，“收常十倍他岁”[10]。故而人称此堰为“常丰堰”。

常丰堰在很长时期内起着“遮护农田，屏蔽盐灶”的作用，促进了里下河地区经济的发展。到宋初，因年久失修，逐渐崩颓，海潮灾害增多。天圣元年（公



元1023年），范仲淹任西溪（今东台县西南）盐官，乃向江淮发运副使张纶建议修复捍海堰[11]。得到张纶的赞同和大力支持，上报朝廷批准。任范仲淹为兴化令，主持筑堤工程。从天圣二年至六年，先后两次大规模施工，在常丰堰西重筑捍海堰，南起海陵境（今东台安丰以南），北至盐城，长25696丈，计143里[12]。《宋史·河渠志七》称，范公堤建成后，“遂使海濒沮洳潟卤之地，化为良田，民得奠居”。之后，经过多次维修和续筑，海堤向南北延伸。如至和中（公元1054～1055年），海门知县沈起筑海堤百里，自吕四至余四；元初兴化尹詹士龙修海堤300里。到明代中叶形成北起庙湾（今阜宁），南迄吕四，绵亘800里的海堤系统。后人为纪念范仲淹倡议和修堤的功绩，遂把这一线长堤统称为“范公堤”。见图3－2－1－1。

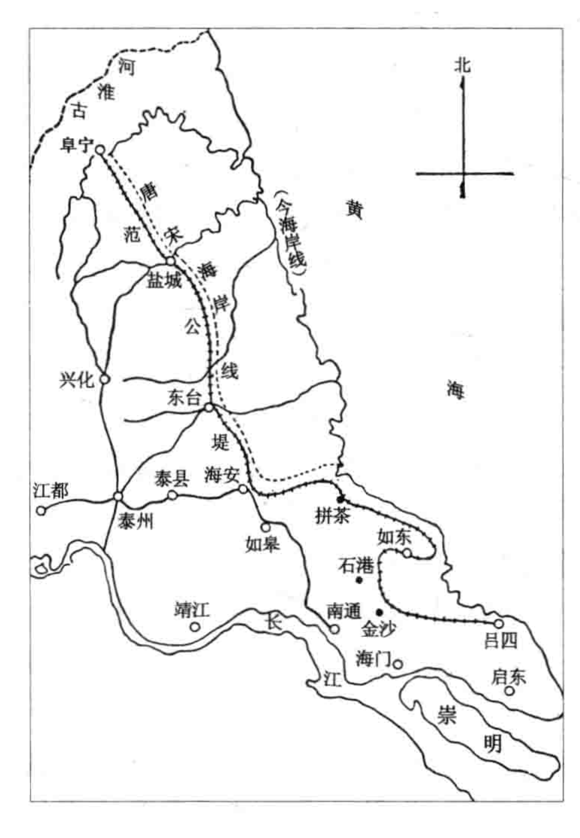


图3－2－1－1　范公堤位置示意图

（二）浙江海塘

浙江海塘以钱塘江为界，分为两大部分。西起杭州狮子口，东至平湖金丝娘桥的一段，长160千米，称为浙西海塘。钱塘江以东的海塘，以甬江口为界，又分两部分，西起萧山西兴，东达镇海的海塘，约长250千米，称为浙东海塘。甬江口以南多为岩质海岸，曲折异常，港湾众多，海堤零散，不相联属，海堤多是居民们为围垦海涂而筑。

浙西海塘是历史上修筑的重点地区，工程规模最为壮观，创建的海塘结构形式也最多。浙西海塘始筑于东汉。北魏郦道元《水经注·浙江水》引《钱唐记》称：“防海大塘，在县东一里许，郡议曹华信家议立此塘，以防海水。始开募有能致一斛土者，即与钱一千，旬日之间，来者云集。塘未成而不复取，于是载土石者，皆弃而去，塘以之成，故改名钱塘焉。”钱塘县（治今杭州武林门内）的得名在东汉建武初年（公元25～26年），华信建海塘即在此时。防海大塘是我国见于文献记载的第一条海塘，地点大约在今杭州钱塘门到清波门一带。

唐代开元元年重筑盐官捍海塘堤，浙西沿线此时已建成比较完整的海塘系统了，并与江南海塘相连。

五代吴越时建都杭州，一再扩大城地，但“江涛冲激”很不安全。天宝三年（公元910年）钱镠为保护都城的安全，大力修筑海塘。始板筑土塘不成，后改用竹络装石筑塘，取得成功。咸淳《临安志》卷三一谓钱氏所筑的捍海塘，在杭州候潮门与通江门外。

北宋以后，因受钱塘江口潮流变化的影响，浙西海塘修筑频繁。历史上钱塘江

口的江流海潮的出入有三个口门：龛、赭两山之间称南大门，赭山与河庄山之间叫中小门，河庄山与山海宁城（治今盐官镇）之间的为北大门。南宋以前，钱塘江潮流基本从南大门出入，绍兴、杭州一带海岸被冲。杭州又是钱塘江涌潮发生之地，潮灾特别严重，宋代该地较大的海塘修筑工程达九次之多。如《宋史·河渠志七》载：大中祥符五年（公元1012年），知杭州戚纶、两浙转运使陈尧佐创筑了柴塘。二年后发运使李溥复用竹笼装石修塘。景祐初（公元1034～1037年）知杭州俞献卿筑石堤数十里[13]，四年转运使张夏又筑石堤12里[14]。庆历四年（公元1044年）转运使田瑜、知杭州杨偕在原有石堤的基础上，筑堤2 200丈[15]，修筑的直立式石塘技术有不少进步。

南宋以后，潮势屡趋北大门，盐官一带正当其冲，引起陆地沦毁，咸潮泛溢之灾。如《宋史·河渠志七》称，嘉定十二年（公元1219年）“盐官县海失故道”，“早晚两潮奔冲向北，遂至县南40余里尽沦为海”。《元史·河渠志二》谓，延祐年间（公元1314～1320年）“海汛失度”，盐官“陷地三十余里”。因此，南宋至元代，海塘的修筑重点转移到盐官一带。如《宋史·河渠志七》记载，嘉定十五年，由浙西提举刘垕主持，整修了盐官城外原有的东西两道咸塘，及咸塘里面的袁花塘（县东）及淡塘（县西），作为“备塘”，即第二道防线。《元史·地理志五》载，泰定四年（公元1327年）潮水冲破盐官州海岸，朝廷命都水少监张仲仁前往治之，在沿海30余里，下石囤440 300有奇，木柜470余，这是首次记载采用“石囤木柜法”筑塘。致和元年（公元1328年）又在塘东西接垒石囷10里[16]。

海盐也受到潮流变化的影响，南宋时海岸不断向里坍塌。县治原来离海有几十里远，绍定时（公元1228～1233年）距海不到300步，原来的捍海塘18条，荡然无存。于是县令邱来筑海塘20里，不久县令亚卿又内移数百步，别筑一塘[17]。咸淳（公元1265～1274）中两浙转运使常楙又在县城东门外筑新塘3625丈，称为“海晏塘”[18]。元至正二十四年（公元1364年），又增筑海塘4 800丈[19]。这时期海盐所筑塘大约皆为土塘。

浙东海塘的修筑，始见于文献记载的是在唐代。嘉泰《会稽志》卷一〇记载：垂拱二年（公元686年）在萧山、山阴一带筑海塘50里，因其位于两县交界处，故称之为“界塘”。之后，海塘向东延伸至会稽、上虞境。《新唐书·地理志五》称：“会稽，东北四十里有防海塘，自上虞江（即曹娥江）抵山阴百余里，以蓄水溉田，开元十年（公元722年）令李俊之增修，大历十年（公元775年）观察使皇甫温，大和六年（公元832年）令李左次又增修之。”大致在唐中期，西起萧山，东迄上虞的海塘已经连成一线，因为它横亘于古代山会平原的北部，所以称之为北海塘，又叫萧绍海塘。萧山至镇海的海塘在北宋中期也已全线建成。

由于宋元时期，杭州湾潮流常趋向南大门，所以浙东海塘修筑频繁，大部分海塘改筑成石塘，促使石塘工程技术有了进步。如北宋庆历七年（公元1047年）余姚令谢景初筑云柯至上林段海塘2 800丈，将部分土堤易为石堤。治平间又筑石堤270丈。南宋淳熙十六年（公元1189年）定海县（今镇海县）令唐叔翰等改筑石堤602.5丈，建成直立式桩基石塘。庆元二年（公元1196年）余姚县令施宿又从上林至兰风筑堤4 200丈，其中有石堤四处，计570丈[20]。嘉定六年（公元1213



年)，山阴后海塘溃决5 000丈，造成七万亩土地盐碱化，是年，绍兴府太守赵彦倓重筑和补修海塘6160丈，其中三分之一用石砌[21]。嘉定十年（公元1217年）定海令施廷臣增筑石堤520丈，石塘尽处再筑土塘360丈[22]。元代至正元年（公元1341年）余姚州判叶恒改筑石堤2121丈，创纵横错置桩基石塘，整修慈溪至上虞海堤袤140里[23]，成为横亘于三北平原（镇海、慈溪、余姚三县北部地区）上的第一大塘，人称大古塘。至正七年（公元1347年）府吏王永重筑上虞海塘1944丈，采用叶恒砌石堤的方法修筑。至元二十二年又筑石塘232丈[24]。通过重修改筑，浙江海塘面貌大变，形成绵亘一线整齐的海塘，险工地段全部筑成石堤，保证了宁绍平原的农业生产。见图3-2-1-2。

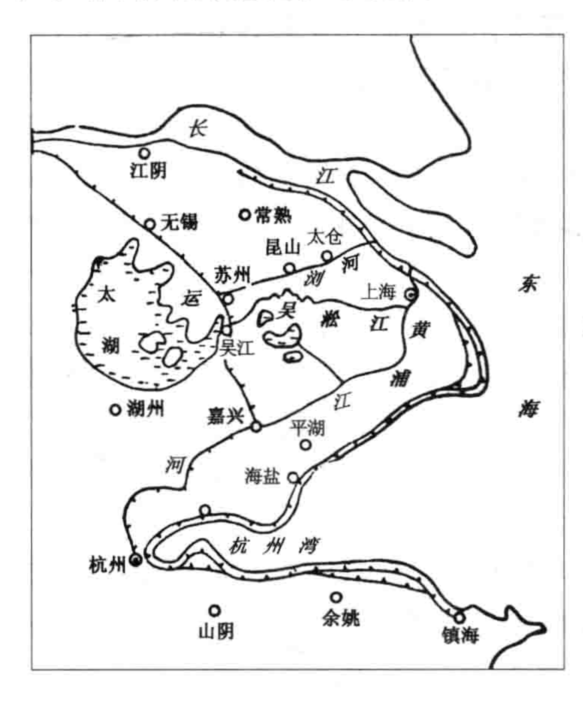


图3-2-1-2　江浙海塘示意图

浙江东部沿海，港湾众多，大小河流多单独从港湾入海，经河海泥沙的沉积发育成片片冲积平原。宋元时期为防御海潮威胁和围涂垦殖的需要，先后修筑有多条长短不等的海塘，长者数十里，短者只有几百丈。规模较大的有“温州至瑞安有塘80里”，南宋淳熙间重修[25]；平阳北至瑞安飞云渡有土塘长35里，乾道二年海溢塘坏，淳熙间更造石塘；平阳县南夹屿桥西至钱仓，南至江口各有土塘25里，嘉泰元年（公元1201年）、淳祐七年（公元1247年）先后将南塘和西塘改筑为石塘[26]。海塘的修筑使海涂围垦得到发展。

此外，宋元时福建的福州、莆田、泉州、漳州平原等也筑有不少海堤，广东的珠江三角洲、韩江三角洲和雷州斗岛海康一带，也陆续修建海堤，以防御海潮和围涂垦殖。闽、粤海堤也有部分筑为石塘。

二、海塘塘工技术的演进

五代以前，我国的海塘一般为土堤，修筑在后海滨地带，主要在高潮时起防止海水漫溢的作用。从五代开始，随着社会经济的发展，东南滨海平原开发加快，海塘向前海滨带上推进，因此面临多种海潮灾害，要求海塘工程不仅能防溢，还要具有较强的抗风浪冲击的能力，以护岸防坍；又由于各地的海岸地质条件不同，适宜的海塘类型也不同，于是在实践中不断创造出各种形式和结构的海塘与护岸工程。

（一）土塘

古代土塘一般筑在较高的古沙岗上，堤基比周围高，御潮能力较强。如苏北沿海唐代李承筑的常丰堰，北宋筑的范公堤皆建在古海岸沙堤上，离当时海岸（天场线）还有相当的距离，而且范公堤比常丰堰稍向里移，以避海潮冲击。据记载，范公堤的工程结构为斜坡式土堤，基宽三丈，顶宽一丈，高一丈五尺[27]。

长江以南沿海唐代开元时重筑的捍海塘，也位于位置较高的沙带上，故弘治《上海志》称此塘为“下沙捍海塘”。



土塘的筑法大致是逐步堆积压实而成。古代也有采用“版筑法”建造土塘的。如五代钱镠筑杭州海塘，“潮水昼夜冲击，版筑不就”（《宋史·河渠志七》）。开始筑塘时仍采用版筑的老方法，这一方法是两侧用木板夹峙，中间填土夯实而成，可能是移植了筑城墙的方法，但海塘的断面更宽，而高度降低。版筑法应该比一般的土塘夯得更结实。

（二）竹笼石塘和石囤木柜塘

竹笼石塘，五代吴越时创建，筑于杭州一带海岸。因为钱塘江口呈喇叭形，海潮越向里进，潮头愈高，产生壮观的“涌潮”现象，潮头壁立高度可达 3 米左右，摧毁能力极强。涌潮可一直推进到杭州以上，对杭州城威胁很大。

公元 910 年吴越王钱镠在杭州城外筑捍海塘，因版筑土塘未成功，于是改变筑塘的方法，建成了竹笼石塘。《吴越备史》卷一载：开平四年八月，始筑捍海塘。版筑不成后，“王命强弩五百以射涛头……既而潮头遂趋西陵”。利用潮头转向的平缓时期，王乃命运巨石，盛以竹笼，植巨材捍之，城（塘）基始定。又钱惟演《曾大父武肃王筑捍海塘遗事》（载《捍海塘志·遗事》）载：“曾王父武肃王以梁开平四年八月筑捍海塘……又大竹破之为器，长数十丈，中实巨石，取罗山大木长数丈植之，横为塘。依匠人为防之制，内又以土填之，外用木立于水际，去岸二丈九尺，立九木，作六重，象《易》既济、未济二卦，由是潮不能攻，沙土渐积，岸益固也。”《宋史·河渠志七》载：“梁开平中，钱武肃王始筑捍海塘，在候潮门外。潮水昼夜冲激，版筑不就，因命强弩数百以射潮头，又致祷胥山祠。既而潮避钱塘，东击西陵，遂造竹器，积巨石，植以大木。堤岸既固，民居乃奠。”

可见，竹笼石塘是以竹片编织成笼，内填以块石，层层叠置成堤，堤前用木桩固定，加以横木连接，背后填土而成，在塘前海滩上打入挡浪木桩。

钱氏捍海塘在工程技术上有两个显著的特点：

一是采用竹笼装石和木桩加固的方法。竹笼盛石修筑水利工程，战国时李冰修都江堰已经采用，西汉王延世又用之于黄河堵口工程。但用来修筑海塘御潮浪，则为钱氏首创。由于杭州一带涌潮凶猛，采用竹笼装石，集一块块零散的石块为一整体，又加木桩固定，因此抗冲能力和整体稳定性增强。竹笼装石还有“重而不陷”、“硬而不刚”的特性，在地基软弱的地段比较适宜。竹笼石塘的御潮能力远胜于土塘，这一石海塘的创筑，在海塘工程技术史上是一次重大的突破。

二是设置“滉柱”，以削弱塘前潮流波浪的能量，起保护海塘稳定和固滩的效果。滉柱的木桩排列成既济卦䷾和未济卦䷿，即交错布置排列有序。对滉柱的作用，北宋沈括《梦溪笔谈》卷十一中特地作了阐述。他说：“钱塘江钱氏时为石堤，堤外又植大木十余行，谓之滉柱。宝元康定年间（公元 1038 ~ 1041 年），人有献议：取滉柱可得良材数十万。杭帅以为然。既而旧木出水，皆朽败不可用。而滉柱一空，石堤为洪涛所激，岁岁摧决。”所以沈括得出：“盖昔人埋柱以折其怒势，不与水争力，故江涛不能为害。”总结了滉柱有消浪、保塘的作用。滉柱是塘身的外护工程，当时打入的木桩很多，达“数十万”，因此潮浪到达塘身之前，已消除了一部分能量，减弱了对塘身的冲击力，起到保护塘身的作用；并削减了潮水的流速，使泥沙在该区迂回沉积，也起到了保护海塘的作用。钱氏捍海塘开始设置



外护工程，这一工程技术的创新意义是很大的。

据考古发掘报道，1983年杭州市南星桥凤山道口附近的江城路立交桥施工现场，发现了一处古海塘工程遗迹，从地层堆积和出土遗物判断为五代钱氏捍海塘遗迹[28]。

从现场发掘剖面看，钱氏捍海塘基础宽25.25米、面部宽8.75米，残高5.05米，证实属“竹笼石塘”结构。其有扎实稳固的基础，基础的内、外侧都打入护基木桩，外侧共有四排护基木桩，木桩间放入一只只盛满巨石的矩形大竹筐。第四排护基木桩外是垒叠的“竹笼沉石”。“竹笼沉石”系用一个圆筒状的竹笼填充石头制成的，笼径0.6米，长4米以上。“竹笼沉石”叠放里侧紧倚第四排护基桩，上、下四五层，每层三个。塘外水中的“滉柱”也发现两排，里排贴住“竹笼沉石”，外排离开里排滉柱约1米。滉柱排列错落有序，柱距1米左右。滉柱是海塘所用桩木中最粗大的，长度超过6米，直径不下0.3米，稍细的两根并立。塘面保护层建筑讲究，内坡保护层大部分用含铁量较高的砂石和带炭屑的炉渣状物质筑成；外坡用抛石护岸的办法，塘顶面估计与内坡保护面的材料相同。见图3－2－1－3。

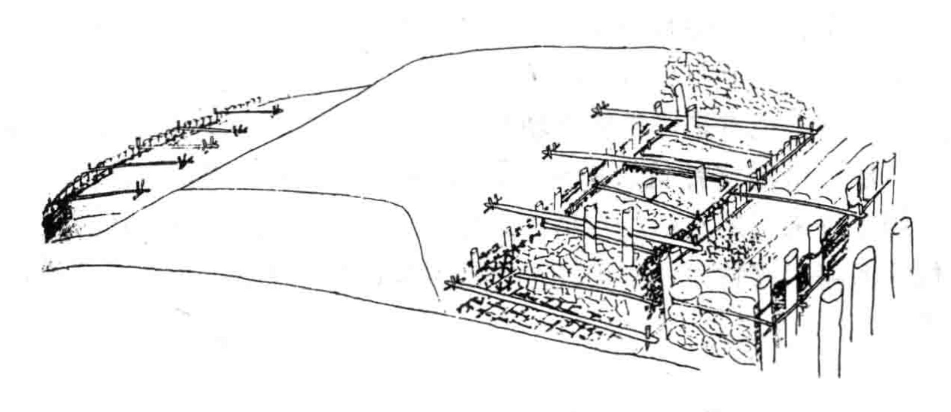


图3－2－1－3　五代钱氏捍海塘结构示意图

（采自《文物》1985年第4期）

钱氏捍海塘采用竹、石、木等材料，较易获得。塘工稳定性好，能抗冲防坍，故对后世塘工技术影响甚大，特别是在潮流湍急，而地基软弱的地段，采用这种工程形式效果较好。如《宋史·河渠志七》记载，北宋大中祥符五年（公元1012年），潮流冲刷杭州海岸，渐逼州城。开始采用薪土筑海塘。两年后“复用钱氏旧法”，“实石于竹笼，倚叠为岸，固以桩木，环亘可七里……以捍潮势，虽湍涌数丈，不能为害”。

石囤木柜塘创筑于元代，首先用于海宁一带海岸。泰定四年（公元1327年）风潮大作，冲坏海宁海塘。开始采用增筑土塘的方法，不能抵御。且这一带海岸“地脉虚浮”（《元史·河渠志二》），为粉砂性土质，承载力较小，也不能修筑石塘，因此决定改筑成石囤木柜塘。由都水少监张仲仁主持，“沿海三十余里下石囤四十四万三千三百有奇，木柜四百七十余”[29]。这种形式的海塘不再崩陷，取得成效。所称的“石囤”就是装满石块的竹笼，“木柜”就是用条木制成的方形或长方形的大木框，中间填满石块。见下页图3－2－1－4。



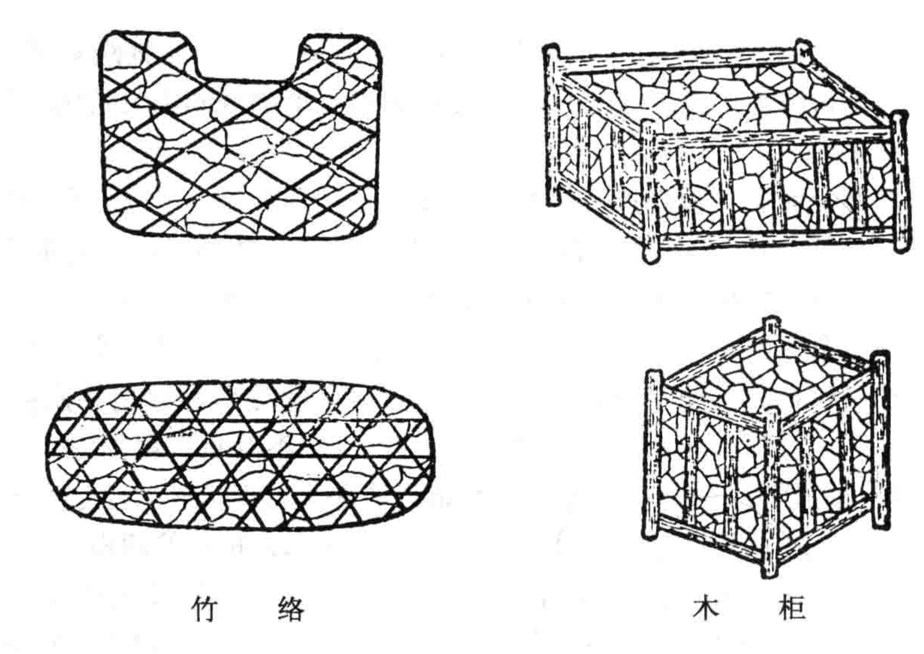


图3－2－1－4　石囤（竹络）、木柜图

石囤木柜塘其结构与竹笼石塘大致相同，塘前有木桩固定，木柜与木柜之间用横木连接形成一个整体。但石囤木柜塘增加了木柜，木柜可比竹笼做得更大，稳定性更强，因此它又比竹笼石塘有了改进，使塘工整体稳定性增强。

后代江浙海塘上也常采用竹笼石塘和石囤木柜塘的形式，如潮流汹涌地基软弱的钱塘江河口段多沿用这种筑法；还广泛地应用在抢险工程上，用来堵塞海塘决口；海塘外坦工程采用的木柜、竹络法也是一脉相承的技术。有的地方直至解放初期还用来修筑海塘。惟竹笼、木柜经过一段时间的日晒海浸，较易发生朽败，需要不断进行维修。

（三）柴塘

柴塘是用柴、土一层层相间铺垫压实成的一种海岸防护工程。用柴土混合修筑堤坝，汉代时黄河河工上即已应用于堵口工程，海塘上采用此项技术明确的记载是在北宋时。

北宋初，钱塘江堤仍沿用五代“钱氏旧法”，以竹笼石建塘，“而潮啮之，不数岁辄坏”。竹笼石塘所需工料甚多，费用大。大中祥符五年（公元1012年）两浙转运使陈尧佐和杭州知府戚伦，吸取黄河埽工技术经验，采用薪土筑塘[30]，“籍梢楗以护其冲”[31]，创立了“柴塘”。

柴塘的修筑方法，据翟均廉《海塘录》卷一所载，一般先用树枝、荆条等捆成“埽牛”铺底，上以柴土间层加之压实，顶上加培厚土，堤高三四丈，宽四五丈不等；每长宽一丈钉底桩二根，腰桩二根，面桩二根，将桩头削尖签插于柴土中。若地处潮流顶冲，难免有抽掣之患，复于内地深钉橛桩，用篾缆带住，柴塘就不易卷走。见下页图3－2－1－5。所记虽是清代柴塘筑法，但宋代黄河埽工技术已相当先进，海塘上埽工技术也不会相去太远。由于塘基铺以整体性的“埽牛”，软基进行了处理，提高了基础的承载力；塘土与柴薪“层土层柴”压实，连为一体，并用木桩、篾缆带住，增大了塘身的抗冲能力，所以柴塘得以成功建成。



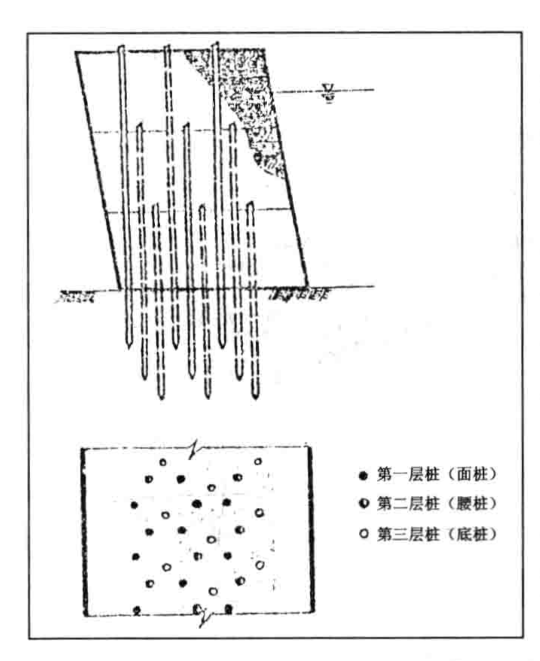


图3－2－1－5　柴塘

柴塘的优点：一是柴塘自身重量较小，大大低于石塘和竹笼石塘，适宜各种地基，特别是地基软弱，承载力低，而潮流又强劲的地段。二是柴塘具有柔性，能“以柔克刚”，抗冲能力强于普通的土塘。三是就地取材，费用较省，易于施工。柴塘创制以后，就受到人们的重视，尤其在抢险工程中，柴工修筑快，又能杀水势，所以应用比较普遍。清代在海宁沿海一带虽然修建了坚固的鱼鳞大石塘，但仍保留前面的柴塘，作为鱼鳞大石塘的外护。此外，在地基特别软弱段，而潮流又强劲的地段，也有采用柴塘这种形式的。

但是，柴塘也有明显的缺点，柴薪容易腐烂，保固期只有两年左右，需要经常维修。而且每年要征购大量的柴薪，长期下来供应就会出现困难，这就限制了柴塘的修筑扩大。

（四）斜坡式石塘

斜坡式石塘又称“坡陀塘”，是在土塘迎水面上用条石护坡的一种海塘工程形式，是对斜坡土塘加以改进，增强了防海浪的能力。据记载，北宋天圣六年（公元1028年）范仲淹修筑成的苏北海堤，其结构为斜坡式土堤。但在潮势顶冲地段采用块石护坡，“叠石以固其外，逶迤如坡”[27]。这可能就是最早的斜坡式石塘了，其形式或许还不规范。

一般认为典型的坡陀形石塘是我国“公元11世纪的改革家”王安石创建的。北宋庆历七年至皇祐二年（公元1047～1050年）王安石任鄞县（今浙江宁波市）知县，他重视水利建设，“起堤堰，决陂塘，为水陆之利，邑人便之”[32]。在沿海一带修筑海堤，创建“坡陀石塘”，后人称为“荆公塘”。这是一种斜坡式石塘。接近于现代所习用的海堤砌石护坡。见下页图3－2－1－6。后代人颇推崇王安石的“坡陀石塘”。如明代成化十三年（公元1477年）按察副使杨瑄在浙江海盐筑坡陀石塘2 300丈，嘉靖《嘉兴府图记·水利》说是仿照“荆公塘法”修筑的。历史上杭州湾南岸大部分海堤为坡陀形石塘，目前也多采用。坡陀形石塘坡度平缓，堤身稳定性好，对地基的要求较低，堤前反射波小；土堤经砌石护坡后，可防止土体在波浪、水流作用下淘蚀破坏；砌筑容易，省工省料，因此应用较广泛。

然而坡陀形石塘斜坡堤占用土地多，波浪爬高较直立堤大，需较高的堤顶高程，而且护面经受不住强潮流的冲击，块石易剥落下来，于是人们又不断进行探索，创造了新的石塘。

（五）直立式石塘

直立式石塘的迎水面用块石、条石砌成陡墙，墙后用土方填筑而成。据文献记载，直立式石塘最先创建于杭州一带海岸。



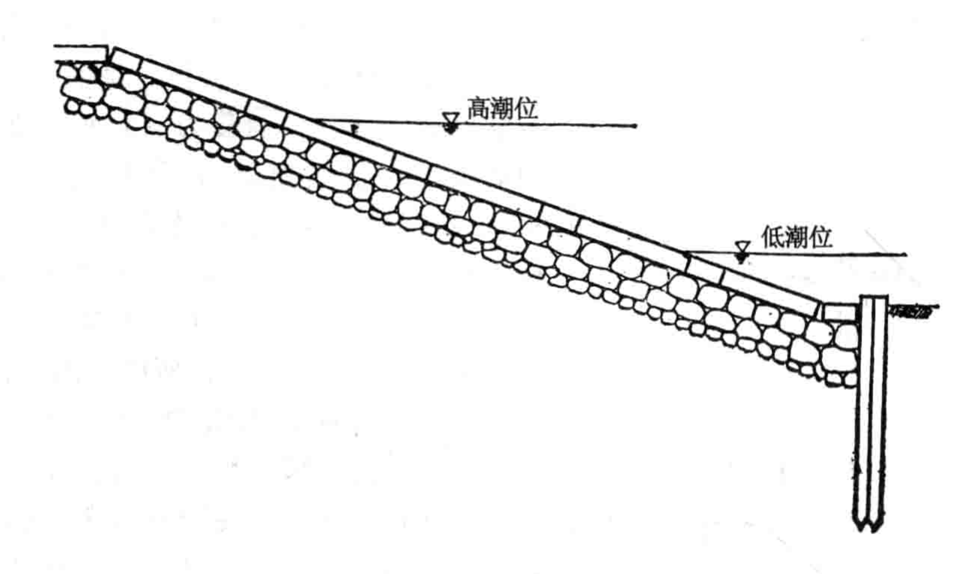


图 3－2－1－6　北宋王安石斜坡式石塘

杭州沿海汉代华信筑“防海大塘”，筑塘材料土石混合构建，土多石少，仍应属于土塘的范畴。五代时钱镠建竹笼石塘，北宋初沿用钱氏旧法仍筑竹笼石塘。之后又创建柴塘。但竹笼、柴薪容易腐朽，隔一两年就要大修，甚费民力，而且容易出现险情。钱塘江海塘关系三吴地区的安危，一直受到政府的高度重视，一些人士提出了修建坚固耐久海塘的要求，创建了直立式石塘。宋仁宗景祐三年（公元 1036 年）杭州知府俞献卿“大发卒凿西山，作堤数十里，民以为便”[13]。是从西山凿石筑石堤。四年工部侍郎张夏置“捍江兵士五指挥”机构，专门采石修塘，接筑石堤 12 里，上自六和塔，下至东青门[33]。直立式石塘自此时期始筑。七年后，即庆历四年（公元 1044 年）夏六月，“大风驱潮，昼夜不落”，虽然所筑塘部分土石被啮去，“然犹足以支其危”，说明石塘有较强的抗潮能力。这时转运使田瑜、知杭州杨偕对损坏海塘进行补筑，当年冬十二月完工，堤长 2 200 丈，自龙山至官浦 2 000 丈为修旧工程，御香亭下 200 丈为新筑。田、杨石塘吸取了张夏筑塘的技术经验又有改进。石塘高五仞（四丈）、底宽四丈。迎水面用条石砌筑，“增石五版为十三级”，逐级内收，呈台阶形，背水面附土培筑，石坚土厚相为胶固。在潮流湍急处，于塘脚外用竹络（即竹笼）装小石作护坦。此塘的特点：一是“网上而方下，外疆而内实”。迎水面用石砌成台阶形立墙式，底宽顶窄，塘身稳定性和抗浪能力增强；背水面用土培实，既增加海塘的稳定性，又防止了海水的渗入。二是设置竹络护坦。因石塘前波浪底流速度大易引起堤脚冲刷，危及塘身安全，故设置护坦，这可削弱波浪冲击力，起保护塘基的作用。三是“圆折其岸势，务以分杀水怒”[15]。这是将岸线布置成略成曲折的波纹形，有利于挑流削浪，减弱潮流对塘堤的冲击力。可见，这时修建的石塘，有了许多的创新，其设计思想和工程技术符合科学原理，在海塘工程建筑技术上取得了很大的进步。见下页图 3－2－1－7。

之后，浙东一带也陆续修了一些直立式石塘，并结合本地区的特点，不断改进筑法。南宋淳熙十六年（公元 1189 年）定海县令唐叔翰新筑石塘 600 余丈。原先，该地筑的是土塘，“岁有决溢之虞”。以石板作外护，“仅支数年”，大潮一来，



石板全部被卷走。而当地“城负塘而筑，塘不固，城亦不立”。所以修筑牢固的海塘非常重要。唐叔翰仿照杭州石塘筑法，并加以改进。石塘共11层，塘基九尺，塘面减半。其特点是：“纵横布之如棋局，仆巨木以奠其地，培厚土以实其背，植万桩以杀其冲。”[34]见图3－2－1－8。与杨偕、田瑜石塘比较，其建筑工程技术又有显著的进步。一是砌石采用纵横交错叠砌法。石缝不在一条直线上，可以阻止海水从石缝中直进直出，加强塘体的防渗透性能，减少土体和石块被淘刷的可能；石块交错棋布，相互牵制，增加了塘身的整体性和稳定性。二是塘基打入巨木桩，增强了地基的承载力。浙东一带大部分是淤泥质海岸，承载力不高，抗冲性弱。而修筑直立式石塘地基应力较集中，增大了堤身沉陷的可能性，故对地基的要求较高。打入基桩后改变了塘基的受力状况，承载量增大，这就解决了在软弱土基上筑石塘的技术难题。因此，基桩的采用，是海塘修筑技术上的一项重大突破，这一技术一直为后人所继承。三是石塘前设置挡浪桩。挡浪桩在五代钱氏时已应用，当时称为“滉柱”。唐叔翰将这一技术经验移植到定海。当时打入的挡浪桩有万根之多，像一片树林，能较好地削弱潮流波浪的流量，起保护塘身安全和促淤固滩的作用。

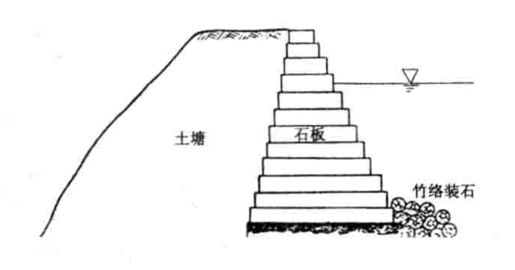


图3－2－1－7　北宋杨偕田瑜石塘示意图

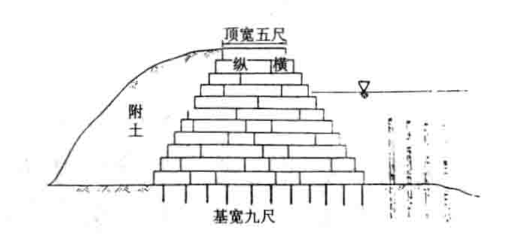


图3－2－1－8　南宋唐叔翰石塘示意图

唐叔翰主持建筑的镇海石塘，首创了纵横叠砌桩基石塘的建筑技术，后世的直立式石塘基本在此基础上逐渐演进发展。

元代至正元年（公元1341年），州判叶恒在余姚筑重力式桩基石塘2 121余丈，技术上比唐叔翰石塘又有改进。陈旅《海堤记》[23]载其筑法：“布杙（即木桩）为址，前后参错，杙长八尺，尽入土中；当其前行，陷寝木以承侧石，石与杙平，乃以大衡纵横积叠而厚密其表，堤上侧置衡石若比栉然；又以碎石傅其里而加木筑之。”此石塘建筑时打基桩，条石采用纵横叠砌法与镇海石塘同。其重要改进处：一是在石塘内坡与附土结合处，采用碎石作过渡层。设置碎石可减缓石塘承受的侧向土压力，及防止泥土随渗水从块石缝隙中流失，碎石起了反滤层的作用。二是在塘基迎水面处增加寝木（横木）和侧石。由于波浪与塘石相激，动力作用强烈，使堤前波浪底流速加大，掏刷塘基。置寝木和侧石有防止潮流掏刷塘脚的功效。采用这两项措施，进一步增强了海塘的稳定性，技术上又有创新。见下页图3－2－1－9。

元至正七年（公元1347年）府吏王永又仿效叶恒的方法，修筑上虞后海石塘1 944丈。王永的筑塘法更加讲究，“其法：塘一丈用松木径尺、长八尺者三十二，列为四行，参差排定，深入土内。然后以石长五尺，阔半之者平置木上，复以四石纵横错置于平石者五重，犬牙相衔使不摇动。外沙窊窖者叠置八重，其高逾丈，上复以侧石钤压之。内填以碎石，厚过一尺。壅土为塘，附之趾广二丈，上杀四之



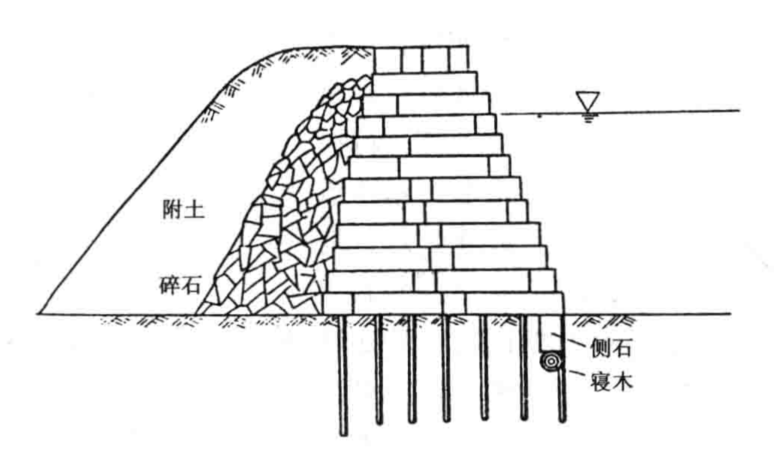


图3－2－1－9　元代叶恒石塘示意图

一，高视石复加三尺。令潮不得渗入"[23]。按此筑法计算，修筑1 944丈石塘，需用松木六万多根，条石十万多块。此石塘的结构，与叶恒石塘基本相同，但仍有所差异。一是石塘的基桩更加密集，其塘脚打有密排的木桩四行，每行木桩之间的间距才0.25尺，近似于板桩，这提高了基础的承载力和防冲性能。二是石塘的迎水面为壁立式，没有坡度。壁立式海堤波浪爬高小，海堤的高程可略低，但波浪对海堤的动力作用更强烈，对地基的要求更高，故而打入了密集的基桩。这项技术对后世也有影响。之后，上虞县又将一些冲毁的土塘按这种结构形式改筑，潮患大为减少。见图3－2－1－10。

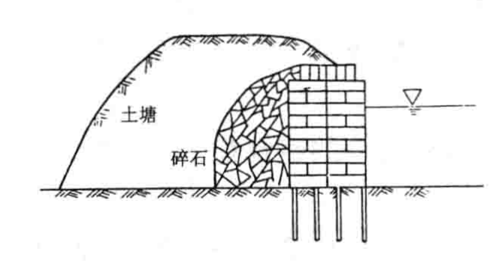


图3－2－1－10　王永石塘示意图

从上述可知，我国海塘工程技术在唐宋元时期有了很大的进步，创建了适应于各种地理环境、海岸条件和动力状况的海塘结构形式。最早修筑的是土塘，五代时出现了竹笼石塘和外护"滉柱"，北宋时创建了柴塘、斜坡式石塘和直立式石塘。直立式石塘经过南宋、元代的发展，逐步由简单趋于成熟，从条块石塘发展为纵横叠砌的桩基石塘；从砌石后直接附土发展为土石堤间填以碎石衬垫层；从单纯的石堤发展为塘前布设护坦和打入密集的挡浪木桩，开始重视修筑间接护岸工程。这些技术成就为后代海塘工程技术的发展，奠定了较好的基础。

第二节　拒咸蓄淡堰闸工程技术成就

我国东南沿海地区，地势平坦，潮汐差大，河流常受海水咸潮的倒灌，引起土地的盐碱化，严重危害农业生产的进行。唐宋元时期，随着沿海地区农业开发的加快，海堤工程系统的建成，为隔绝海潮的入侵，使内河咸淡分离，并蓄积淡水供给农田灌溉用水，在众多的通海溪河上相继修建堰闸，以拒咸蓄淡。拒咸蓄淡工程是我国东南沿海地区创建的特殊灌溉工程类型。

一、拒咸蓄淡堰闸的兴建

通海溪河上修筑堰闸，外以阻咸，内以蓄淡，具有双重的功用，浙闽沿海，独流入海的河流甚多，从唐代开始，兴修了众多的拦截海潮的堰闸。粤东沿海堰闸工



程也有一定的规模。

浙东绍兴地区在唐代以前已在沿海修建了玉山斗门（亦称朱储斗门），它位于山会平原出海的干流直落江上绍兴城北30里的斗门镇。始建时斗门仅有二孔，无固定的闸门控制。唐代贞元元年（公元785年），浙东观察使皇甫政将玉山斗门扩建为八孔闸门[35]。吴庆莪《陡门闸考证》[36]称："唐以前有斗门而无闸……斗门之有闸，始自唐德宗贞元初，浙东观察使皇甫政就玉山斗门而改建也。"闸址选择了"众浦之会"的关键位置。基础很好，岩基南北宽20步，将中闸凿平后，"植木为柱，衡木为闸，分为八间"。其旁设有水则测量水位，以便"时其启闭"[37]。以后嘉祐三年（公元1058年）在山阴县令李茂先主持下，将八孔木闸改建为石闸[38]。玉山斗门扩建设闸后，能有效地阻挡海水的侵入，不再咸化内河水质，使鉴湖以北，曹娥、钱清两江间的平原农田获蓄泄之利，增加了控制蓄泄的主动性和灵活性[39]。所以玉山斗门的改建在工程技术上有大的进步，是鉴湖水利发展中的一大成就。

宁波地区此类拒咸蓄淡的斗门堰闸甚多，如鄞县在唐代大和七年修筑了有名的它山堰；鄞县东一里许有江东碶闸[40]，始建年代不确，南宋淳熙二年（公元1175年）改建；慈溪的彭山闸，位于县西南五里，南宋淳熙十三年改建为石闸；茅洲闸，县东南15里，元至正元年创建；詹家闸，县东南25里，原为堰，元至正二十六年改为闸。奉化的进林碶，在县北，南宋绍兴十五年修筑。镇海的长山等五碶，筑于海堤千丈塘中，"外捍肉潴，应时宣泄"。象山自唐代以来建有朝宗、理川、灵长、会源四堰，以朝宗堰最为紧要，宋元祐元年改木闸为石闸。宁波沿海的堰闸后代修筑更多。故雍正《宁波府志》卷十四定海县下称"阻咸蓄淡，他邑皆恃乎塘碶，而在定为尤亟"。可见阻咸蓄淡工程在该地区的重要性，并明确指出了堰闸所起的作用是"阻咸蓄淡"。

台州地区的黄岩县共有耕地百万亩，其中三分之二为濒海斥卤田。该县在北宋时已建成灌溉面积为71万亩的官河灌区，干渠长90里，其下支渠936条。该灌区在泄水于海的溪河上筑埭（堰）200余所。但元祐以前未建闸，以埭堰水，这有利于高田灌溉，但低田易被淹，故常破埭排水，引起高、低田之人的争斗。元祐时提刑罗适改大埭为闸五所，南宋淳熙中浙东常平朱熹又增建六所闸，涝时可及时启闸排水，解决了高低田的矛盾，台州其余沿海河溪也设堰闸不少。

温州地区沿海也建有众多堰闸。如乐清县宋宣和间在县东40里建黄塘八埭。瑞安县有石冈斗门，山溪之水流为84条支河，总汇于石冈斗门，由其控制蓄泄入海，溉田两千余顷。斗门大约建于北宋之前，元丰时重筑，南宋绍兴末改木闸为石闸。宋代瑞安县还建了屿头斗门、周田陡门、塔山陡门等，作用与石冈斗门同。平阳县沿海有田四十万亩，南宋绍兴三年创建规模颇大的沙塘斗门，"上蓄尔流，下捍潮卤，有沙塘为之城垒，潴其不足泄其有余，有陡门为之襟喉"[41]。建初用巨木建闸，十年后木腐闸坏，乃用条石、石板砌筑闸墩和左右臂（翼墙），皆交错栉比砌之，中间用蜃灰锢之。胶结材料使用蜃灰是首次见于记载。

福建河流发源于闽西山区，多浊流入海，其中干流在20公里以上的河流有37条。沿海之地受咸潮影响多斥卤地，唐宋以后，人们大量在沿海筑堤，溪河上设置



斗门和堰埭阻咸蓄淡灌溉农田。

福州地区拒咸蓄淡工程兴筑最早，数量又多。唐代大和二年（公元828年）闽县令李茸在县东五里筑海堤，隔断咸潮，潴溪水溉稻田。大和七年，李茸在长乐县东十里筑海堤，立十斗门以御潮，“旱则潴水，雨则泄水”，海滨斥卤遂成良田[42]。南宋时长乐县水利大为发展，建炎初大修塘埕陂湖。之后，乾道九年（公元1173年）知县徐蓍又筑斗门及湖塘陂堰104所，溉田2 023顷[43]；又筑大塘，抵海长1 500丈，为斗门二，“旱则潴，潦则泄，溉田种千石”[44]。乾道末，长乐北面的连江县也增筑许多堰闸，知县曾模主持开浚东湖塘20余里，造水闸筑埕塍120余所，灌溉农田两千余顷[45]。福清县在唐代天宝年间筑有天宝陂，宋祥符年间重修，溉田种千余石；元符年间又修，“复镕铁以固其基”[44]，恢复灌溉效益，更名为元符陂。福清沿海有大塘，五代时修筑，长一千余丈，防海潮，蓄淡水，溉田种3 600石（道光《福建通志》卷三三）。淳熙《三山志》卷一二《海田》称：“海田卤入盖不可种，暴雨作辄涨损，以故田家率因地势筑捍，动联数十百丈，御巨浸以为堤塍。又砌石为斗门，以泄暴水，工力费甚。”

莆田平原地分南北两洋，拒咸蓄淡工程始建于唐代。唐建中年间（公元780～783年）吴兴主持在今北洋拦截延寿水筑延寿陂，塍海为田，“溉田四百余顷”，“其利几及莆田之半”[46]。迨至宋代，堤塘陆续增加，先后兴筑三步泄和濠塘等，又增置芦浦、陈坝和慈寿等斗门[47]。继后，又续修太平、南安等陂。至此，北洋基本被围垦。南洋大规模围垦是在元丰六年（公元1083年）木兰陂建成后。木兰陂是继鄞县它山堰后又一著名的拒咸蓄淡工程。

泉州地区唐宋以来沿海修筑的水利工程甚多。《读史方舆纪要》卷九九晋江县下载：“堰水曰埭，埭九十有四，烟浦最大，上承九十九溪之水，广袤五六里，襟带南乡之镜，出溜石六斗门入于晋江，宋时筑埕三万丈，斗门四，与陈埭斗门共为尾闾泄水。治平二年以后，屡坏屡修，绍兴六年，大加修治，今犹仍故址。”又称：“陂八十有二，（清）洋陂最大，邑南诸洋俱受溉焉。自烟浦而西，水之小者为溪，大者为浦，溪浦分流之际则筑土为陂，以溉溪旁之田。自南安县之九溪至府西南之高溪凡三十六水，合流数百里而为陂，自陂而下为拱塘、苏塘、萦迴复十余里，所溉田千有八百顷。宋熙宁初筑，淳熙七年累石为埕以防霖溢，且为三垛以泄水，长一百八十丈，广二丈有咫，修小陂于支流者五，为斗门于下流者七，陂之南北增筑长埕各三，倍其长之数焉。凡诸港浦埭塘，皆古人填海而成之，所谓‘闽在岐海中’也。”泉州共有埭九十四，陂八十二，虽然所记是明代的情况，但不少工程修筑在唐宋元时期而保留下来。

漳州地区两宋时大力经营沿海地区。乾隆《海澄县志》载：海澄县（治今龙海县东南海澄镇）临海，“澄之为邑，滨海苦盐卤，难施锄耒，不无需于陂与闸。陂以御咸，闸以蓄淡也”[48]。宋代有谢都官在海澄县筑陂，蓄引九十九坑之水灌田。继而陈太保又修理，灌田百余顷。之后郡守傅伯成在南溪垒石为堰，兴修广济陂，长130丈，溉田千有余顷[49]。工程规模较大，还兴修了不少海埭和斗门。

广东雷州（治今海康县）地近海，东南有潮汐之患。南宋绍兴时始筑海堤，起自海康白院渡，延袤于遂溪进德材，又修何公渠，分别建三闸，引西湖、特侣塘



水“溉万顷洋田”。乾道五年（公元1169年）郡守戴之邵又增筑，海堤高广倍前，垦田数百余顷；又开戴公渠二条，一条在何公渠东（因何公渠近山易湮），下分八条支渠，“凡渠首尾悉为闸以出纳”，另一条在西湖东凿渠（因何公南亭渠闸湮废）灌东洋田[50]。元代大德六年（公元1302年），乌古孙泽任海北海南道肃政廉访使，在南宋基础上继续修筑拒咸蓄淡工程。在雷州城北，浚故湖，筑堤四千余丈，堨三溪之水潴之。堤旁置石闸七，凿渠长8 760余丈，渠上置闸六所，通支渠以溉东南际海之田，以凿24支渠以溉西北之田，共长3 650余丈。渠首尾都建有闸，视水之消长而启闭之，并修筑海堤，以障海潮，“计得良田数千顷，濒海广舄并为膏土”[51]。可见雷州的拒咸蓄淡工程技术也达相当的水平。到清代海康沿海堤防，北堤长12 152丈，南堤长10 344丈，遂溪堤长4 502丈。

浙、闽、粤在唐宋元时期取得的拒咸蓄淡工程技术成就，可以鄞县的它山堰和莆田的木兰陂为典型代表。此两项工程建成已有千年左右的历史，至今完好，还在发挥效能，这在水利工程技术史上是值得大为称道的。

二、它山堰

它山堰位于浙江省鄞县境内鄞江桥镇西南鄞江上。鄞江源出四明山。有大蛟汗、小蛟汗溪流在密岩合流后称大溪（即章溪），过鄞江桥始有鄞江之称，至方桥下称奉化江，再流至宁波入甬江而出海。鄞江集山区351平方公里之来水，鄞江以西为平坦的鄞西平原，旧称西七乡。该地区降水丰富，年降雨量达1 200毫米以上，但降水年内分配不均，常有洪涝旱等灾害发生。它山堰未筑以前，上游诸溪来水尽注入鄞江，白白地泄入大海；数天不雨，鄞江水低落，海潮可沿比降小的甬江及其支流奉化江、鄞江上溯到鄞江桥上三公里左右的平水潭，致使“泻卤之水，冲接入溪，来则沟浍皆盈，出则河港俱涸，田不可稼，人渴于饮”[52]，对农业生产和居民生活危害很大。虽然鄞西平原在贞元九年（公元793年）因故迹增修了广德湖，大和元年（公元827年）在县西南40里修筑了仲夏堰，解决了平原部分的蓄水灌溉问题，但仍不能满足农业发展的需要，特别是海潮溯河流深入内地的问题亟待解决。大和七年（公元833年），由鄮县（治今宁波市）令王元暐主持在鄞江上修建了它山堰，一举解决了拒咸蓄淡、农田灌溉和居民用水等问题。这一有坝引水工程距今已有1 160多年，还依然屹立在鄞江上，发挥着阻咸、引流、泄洪的水利功能，实在是我国水利史上的一大奇迹。

它山堰工程主要由拦河堰、输水渠道、泄水堨等组成。

拦河堰是最重要的主体工程。它山堰能使用千余年与拦河堰选址合理，修筑技术高超有关。

拦河溢流堰位于鄮县城南50里，鄞江桥镇西南鄞江上。鄞江自四明山腹发源，蜿蜒流至樟村，河谷展宽，宽处约一公里左右，水流趋缓，至鄞江桥出山峡。此处江南岸皆有山，而江北皆平地，只有一小山突兀，高十余米，因不与其他山相接，故称为它山。两岸岩石裸露，山势俯瞰，“二山夹流，钤锁两岸”，相距约150米。主流靠近南岸，然江的南部有小峙二，屹立于中流，“有捍防之势，人目为强堰”。由于它山处水流较缓，两岸又是岩基，中流还有二处牢固的天然岩屿（当地称为龙舌），因此从流态、地形和地质条件看，是很理想的堰址。所筑堰因位于它山



旁，故名为它山堰。见图3－2－2－1，图3－2－2－2。

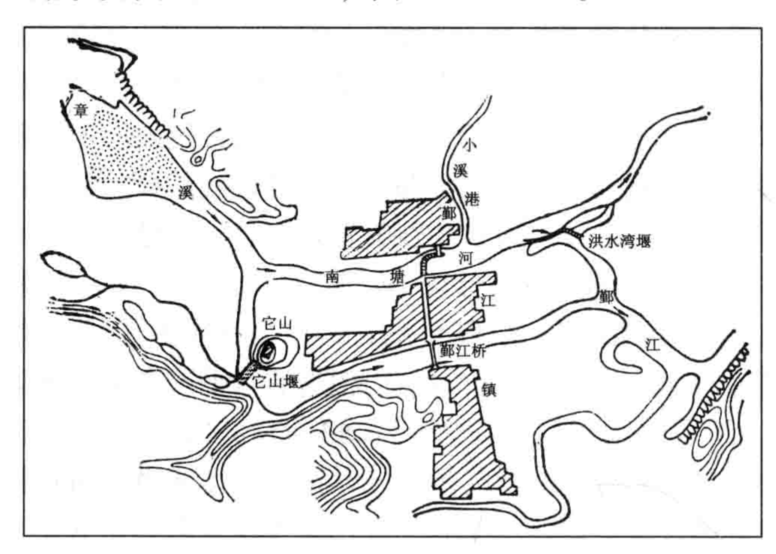


图3－2－2－1　它山堰平面图

（采自《鄞县水利志》）

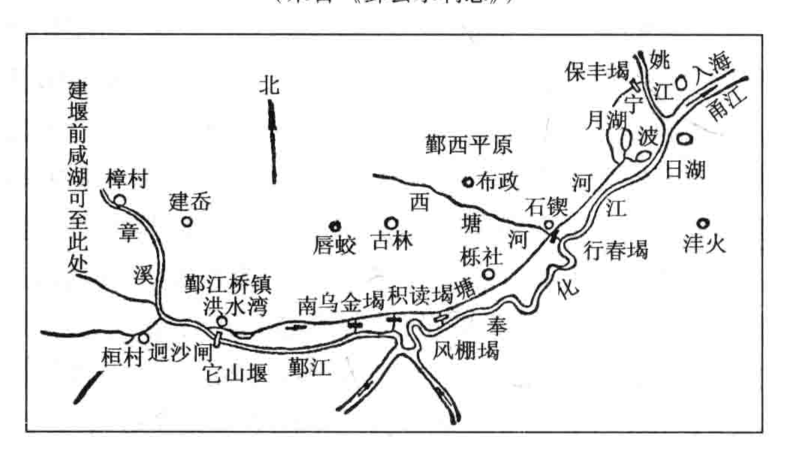


图3－2－2－2　它山堰灌渠示意图

（采自《中国水利史纲要》）

它山堰坝体是拦河砌石重力坝。由于记载不详，而现今堰体基本被泥沙埋没，堰的砌法和尺寸不很清楚，但据《四明它山水利备览》（以下简称《备览》）记载：坝是用巨石砌成，“堰脊横阔四十二丈，覆以石板，为片八十有半，左右石级各三十六”。“为片八十有半”已是南宋初周耆于堰上加一层石板后的情况，堰之原脊在周耆石下。堰是用整齐的巨石叠砌而成。唐僧元亮有它山堰诗谓：“截断寒流叠石基，海潮从此作回期。”[53]可见唐代人已称坝体是叠石而成。又宝庆《四明志》卷十二称：“唐太和中鄮令王公元玮始叠石为堰于两山间，阔四十二丈，级三十有六，冶铁灌之，渠与江截为二。”据此，堰不仅叠石而成，在石块与石块之间还冶铁注之，这一技术可能到宋代修堰时才采用。从现存的堰体上部看，堰体用长2～3.3米，宽0.5～1.4米，厚0.2～0.35米的条石砌成。堰长为113.6米，其中堰流段107米，面宽3.3米[54]。堰高据36级石阶推算为8～9米[55]。

1995年4月，杭州市水利建筑工程总公司对它山堰进行整治保护工程施工，为掌握堰体情况，委托电力部华东勘测设计研究院物探队，用美国S_{12}高分辨数字地震仪等设备，对堰体及地基进行了浅层地震波勘探。当时在堰体上，共布置横河



断面四个，顺河断面四个，根据物探数据整理的结果，发现石堰中部最大厚度（指高度，下同）为4.0米（以现有堰体中心高程3.05米起算），一般厚度为2.3～2.8米，靠近河床的两端为1.8～2.2米。堰体露出的第二平台，高程为2.40米，是唐代始建的古堰，堰顶宽约4.0米，堰体最大砌石厚度在河床中心段为3.5米。砌石厚度若每层厚以0.15～0.20米估计，应为17～23级（两端应为9～12级）。堰底明显向河上游倾斜，一般倾角在8°～10°之间，惟在南段堰底因与河床基岩连接，故堰底平缓。在堰体底部，均用大量木桩作基础并回填黏土碎石，推测木桩桩底线应在-2.50米高程。宋代所修复增高的堰体，其中心轴线在原堰体的位置向上游移动了近2.0米左右，比唐堰顶高0.65米，堰体宽度为3.5米，堰长113.4米，堰体砌石厚度1.3～1.5米（估计有4～6层块石），堰体以下全部用木桩支撑并回填黏土夹碎石。而且后人在修复过程中，堰体自北向南的近70米范围内未采用直线平面布置，而是向上游稍微鼓出，而鼓出的最远点恰与河床深槽相对应[56]。

又1995年12月10日，为检验堰体上游混凝土帷幕灌浆效果，在堰体中段部位，打了一个检查孔，其孔显示堰底高程为-1.95米，而堰顶高程为3.05米，则堰的高度为5.0米，这一高度与物探所测高度对照，则可以确定堰体最大高度应在5.0米左右[57]。但《备览》指有36石级，则堰的高度决不会是五米左右，这一疑点仍需进一步解决。

堰身内部的结构，《备览》称："堰身中空，擎以巨木，形如屋宇。每遇溪涨湍急，则有沙随实其中，俗谓之护堤沙；水去沙平，其空如初。土人以杖试之，信然。"对这一记载，今人大致有两种看法：第一种认为，此堰始筑时可能上下游两边用条石砌，中间用沙砾石填筑充实，堰上部再覆以条石。这种混合结构当地沿溪沙塘中也有采用，特别是节制堰多采用此形式[57]。第二种认为，宋代维修它山堰时，对该堰加宽、增高、加固，曾在河床中打入木桩（估计桩长2～2.5米左右），然后在上面回填黏土及碎石以达到加固基础和防渗、防冲淘的目的，最后才铺设若干层石，"叠石为堰，冶铁而固之"。由于年长日久，石板下面的土层经常被上游来水冲淘，逐渐形成空隙，但木桩却难以被冲走而保持下来，故使后人看来，产生"堰身中空，擎以巨木，形如屋宇"的认识[56]。

它山堰筑法，先是筑简易坝截断大溪，导溪水从北山下古港流入下游，再戽于堰址基坑处水，然后筑堰。当时筑堰用了许多木材，相传"立堰之时，深山绝壑极大之木，人所不能致者，皆因水涨，乘流急至"。参照宋代以后四明地区方志所载修筑堰闸的方法，筑它山堰应是在河床中间沙砾石层打入许多木桩，木桩之间横扎巨木以防不均匀沉陷。然后再在处理过的基础上砌石。砌筑质量，"精致牢密，功侔鬼神"。

它山堰在堰体布置和构造方面颇合乎现代科学理论。首先，它山堰堰址选在河流出山处，流速较缓，地基坚硬，且又在潮区界附近，这样建堰后受潮汐涨落而引起的淤积影响会较小，可持久发挥堰的功能。第二，对堰体基础进行了处理。堰体筑于河流冲积层上，当时打入大量木桩对地基加以处理，以增大基础的承载力，这有利于堰体的稳定。第三，石堰堰底倾向上游，其倾角约8°～10°。这一构造措



施，可以增加堰体的水平抗滑性能，据分析，堰体抗滑稳定性能增加一倍以上。这一措施在国内外的古代坝工建设中尚属首创。第四，石堰上游设置防渗铺盖。1995年在对它山堰加固施工中发现堰体上游均有大片石板广泛分布，一直延伸至堰上游10～15米远，石板之间结合甚密，其排列方向具有一定的规律性，显然是人工构建。不仅宋代维修堰体时铺设石板，同样，在唐代古堰体的上游面坡脚前，也曾发现有数层石板分布。这说明唐宋时已掌握堰前修筑防渗铺盖的技术。它山堰的河床，在基岩上分布有数米高的透水砂砾石，堰体筑于砂砾石之上。修筑铺盖可减少上游水流的渗透量。铺盖上层设置石板，对堰基还起较好的防冲作用。石板下分布有较厚的黏土夹碎石层，这是利用透水性小的黏土作防渗材料，还在黏土中掺和碎石来增加土的抗剪强度和加大其固结度，这一经验符合现代土力学理论。第五，堰体在平面上未采用直线布置，而是向上游稍鼓出成弧形。当溢流时，尤其在宣泄洪水时，水流将向河床中心集中，减轻了对两岸的冲刷，保护了堰体的稳定。第六，堰体有较好的消能设施。堰身上下游面砌成台阶形，形成的梯形断面稳定性好，同时，溢流时，又有良好的消能抗冲性。又堰下游护坦修成多级，采用逐级消能，符合近代水力学中分散消能的原理[58]。它山堰溢流消能的景象煞是壮观。《备览》称："大溪之水，从堰入江，下历石级，状如喷雪，声如震雷。"

南塘河是它山堰枢纽工程的输水干渠，位于鄞江北岸，大体与鄞江平行。由于筑堰后提高了大溪的水位，"江、河（渠道）分流，截然为二"[59]。初筑堰时渠口无闸门控制，因堰的高度与干渠引水口的布设相适宜，故能"涝则七分水入于江，三分水入于溪，以泄暴流；旱则七分入溪，三分入江，以供灌溉"。引入南塘河的水通过分布于鄞西平原的纵横河网，灌溉平原大片农田。广德湖、仲夏堰废后，鄞西平原全部24万亩农田，"悉仰它山堰之水"。南塘河水还从鄮县南门入城，潴蓄于日、月二湖（日湖宋代淤湮），以供民用和航行，大大改善了城市水利条件，美化了环境。

泄水堨（溢流堰）设在南塘河南侧，以排除灌区的洪涝水，旱时兼有引纳淡水的作用。起初设有乌金、积渎和行春三堨。乌金堨俗名上水堨，距它山堰15里；积渎堨俗名下水堨，距堰18里；行春堨俗名石堨，距堰35里。各堨开始未设闸门，多余水流越过溢流堰顶排泄。北宋时三堨先后改建成三碶，均设有闸门，"以启闭蓄泄"。灌区水太多，则开闸排泄入江；缺水季节，利用涨潮时高潮水位的顶托，引纳壅高的江中淡水，以补充灌区水源的不足。之后，因行春、积渎二碶相距17里间无排水闸，为了更好地排灌，宋代熙宁中县令虞大宁在二碶之间地势最低处，又增建风棚碶。风棚碶因"势独下"，排洪涝效果最大。从纳淡水的功能看，行春碶居江下流，咸湖容易到达，纳淡时间短；乌金、积渎处上流，咸潮虽在海潮盛涨时才能到达，但因地势较高，淡水进的水少；故以中间的风棚碶纳淡水最佳。

它山堰建成后在泥沙处理方面也取得突出的技术成就。唐代它山堰上游环境良好，"巨木高森，沿溪平地，竹木蔚然茂密，虽遇暴水湍激，沙土为木根盘固，流下不多，所淤亦少，阊淘良易"。宋代，特别是南宋以后，由于四明山区的日益开发，沿溪竹木大量砍伐，"致使浮沙随流而下，淤塞溪流，每年要用数万工清淤。淳祐时沙淤尤甚"，"大小溪而上夹岸皆沙，水为不流，井泉斥卤，农田失溉，民



甚苦之”。它山堰“上下三十六级，其上沙没殆尽，下不没者五六”。淳祐二年（公元1242年）知府陈垲“利用水轻清居上，沙重浊居下”的原理，在它山堰上游西北约150米的吴家桥渠口处建三孔“回沙闸”，以阻沙入港。中一孔，阔一丈二尺八寸（实测宽3.57米），两旁孔各阔一丈一尺（实测宽3.02米），皆设闸版七片，平时中间常留一版，东西闸留两版，这样中间可以通舟，并视水位高下随时增减闸板，“水溢则闭，平则启”[53]。可见这闸是顾名思义的“回沙闸”，常令水自闸版上入渠，把沙隔于闸外，淘之较易。如淳祐三年七月，只需淘闸外淤沙50余丈，大大地节省了淘沙工作量。此闸元明时还存在。之后因水势改流，大溪水直接从闸后进入南塘河，闸渐废弃，现闸柱尚存。又明代嘉靖三年（公元1524年）在洪水湾的光溪桥建一角尺型石塘，名为官塘，用条石砌筑，塘长80米左右，宽3.5米。小水从光溪桥桥拱流出，洪水时漫塘而过；石塘的另一个作用是能阻沙入港，以免淤塞南塘和小溪港。

总之，它山堰首创了我国东南沿海地区具有拒咸蓄淡功能的大规模砌石溢流堰，在坝工科学技术方面取得了杰出的成就，其选址确当，设计合理，布置巧妙，构筑牢固，施工先进，构造科学，效益显著，影响深远。它历经千余年的岁月，现在仍然发挥引水灌溉，防御咸卤，宣泄洪水的作用，确实是我国乃至世界水利建设史上的一朵奇葩。

三、木兰陂

福建省莆田县的木兰陂，是北宋期间为发展兴化平原的农业生产，而兴建的拒咸蓄淡工程。

兴化平原为海湾冲积平原，宽广30多华里，木兰溪自西而东横贯其间，两岸地势平衍，北称北洋平原，南称南洋平原。古代兴化湾的海潮常溯木兰溪而上，南北洋一带受潮汐威胁。隋唐时处处斥卤，不生稻苗，“惟蒲生焉”，因“以蒲名邑”[60]。天旱时庄稼又缺淡水灌溉。唐代开始筑海堤围垦南北洋平原，北洋筑延寿陂灌溉，南洋仅靠修筑的几个小水塘储水灌溉，其时“莆田壶公洋三面濒海，潮汐往来，泻卤弥天，虽有塘六所，潴积浅涸，不足以备旱暵，岁歉无以输官，民则转徙流移”[61]。宋代莆田开发加快，相继在北洋木兰溪支流荻芦溪上建成南安、太平、使华等三陂，而南洋水利面貌仍未改进，因此阻绝咸潮上溯和蓄引溪水灌溉，就成了进一步开发兴化平原的关键举措。

木兰溪发源于德化县戴云山，流经永春、仙游等县，流入莆田，至三江口入兴化湾，蜿蜒200多里，汇合360多条山溪之水，流域面积达1832平方公里，是一条水量丰富的河溪。

木兰陂筑在莆田县城西南8里的木兰溪上，它拦河筑坝绝断咸潮，并具有一定的蓄水库容。先后经过三次施工，历时20年才营建成功。第一次在治平元年（公元1064年），由长乐县女子钱四娘筹款，在今樟林村附近的将军岩山麓，堰溪为陂。此处地高溪狭，水势湍急，大坝建成后，即被暴涨的洪流冲毁，钱四娘愤而投水与坝俱殁。第二次，长乐进士林从世又集资十万缗来莆田，改在前一陂址下游七里的温泉口筑坝堰溪。但此处靠海，且在急弯处，港窄潮急，陂将成时，又被凶猛的海潮冲毁。第三次，在王安石推行《农田水利法》的促进下，熙宁八年（公元



1075 年），侯官县李宏应诏来莆田筑陂，得到僧人冯智日的帮助，他们经过实地勘察，总结了前两次筑坝失败的原因。“将军滩居上游，与水争势，是以不遂”，“温泉口隙扼两岸，涛怒流悍，是以再毁”。于是将坝址选在前两次坝址之中，木兰山与北山山麓之间筑陂，此处“溪面宏阔，水势迂缓，两岸狭峙”[62]。水底岩石联亘，宜于建造大坝。在李宏等人的主持下，经过八年的努力，终于在元丰六年（公元 1083 年）工程全部竣工。“于是陂立水中，矫若龙翔，屹若山崎，下御海潮，上截永春、德化、仙游三县流水，灌田万余顷。”[63]见图 3－2－2－3。

图 3－2－2－3　木兰溪三次建陂陂址图

木兰陂建成初只灌溉南洋平原，北洋依靠唐代建成的延寿陂及宋代建成的南安、太平、使华诸陂灌溉。由于水量常感不足，元代延祐二年（公元 1315 年），由兴化路总管郭朵儿和张仲仪先后完成“万金斗门”的修建，引水汇入延寿溪，灌溉北洋农田，南北分水大体为南七北三，木兰陂的效益更加显著，共灌溉南北洋二十多万亩的农田。见下页图 3－2－2－4。

木兰陂的建成，对兴化平原农业生产的发展和经济的繁荣起了很大作用。宋人徐鉴称道：“莆邑负山滨海，中间平畴数十里，古皆斥卤沮洳不毛之土，变斥卤为膏腴，易沮洳为肥美，稻收再熟，岁屡丰收，地狭民稠，卒不忧其不给，则曰繄水



之故。"[64]南宋时灌区每年提供军用米即达3.7万斛。

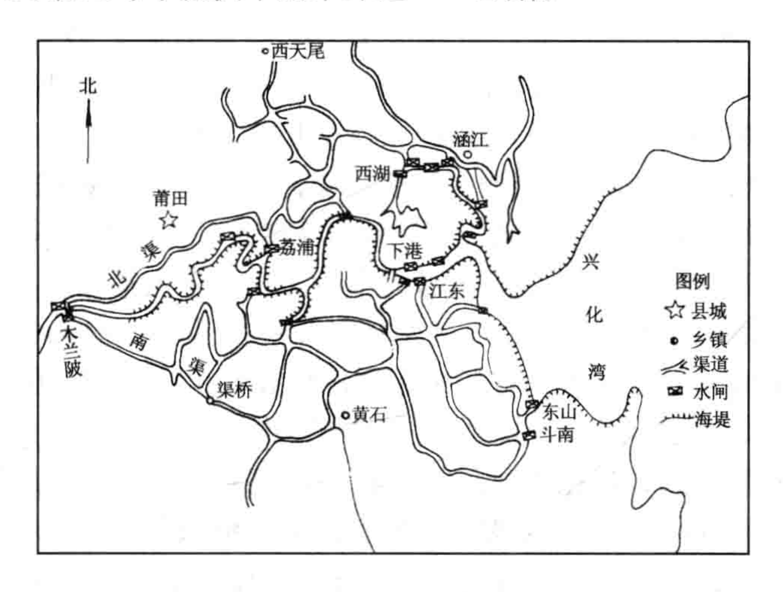


图3-2-2-4 木兰陂灌区示意图

（采自《木兰陂纪念册》）

木兰陂水利工程主要由陂首工程、渠系工程和沿海堤防涵闸工程三部分组成。

1. 陂首工程。包括一座拦河坝、二道导流堤、南北洋进水闸和一座冲沙闸。拦河坝建在距县城西南8里的陂头村，是一座砌石溢流坝，全长232米，高7.25米。南半部为低堰闸坝，长113米，分为32孔（元至正间改为29孔，至解放前为28孔），孔宽1.85~3.1米；靠北部分为重力式拦河坝，长119米[65]。为了引导水流，避免暴洪冲击大坝和两岸，在坝的南北两端建导流堤，北端长150米，南端长292米。坝上游设置南北进水口，南渠进水闸"回澜桥"双孔，闸宽为2.35米和3.35米；北渠进水闸"万金陡门"单孔，闸宽2.6米。坝的南端设冲沙闸一孔，门宽4.2米，闸底比其他闸孔低0.5米，用以排除淤积泥沙。见图3-2-2-5。

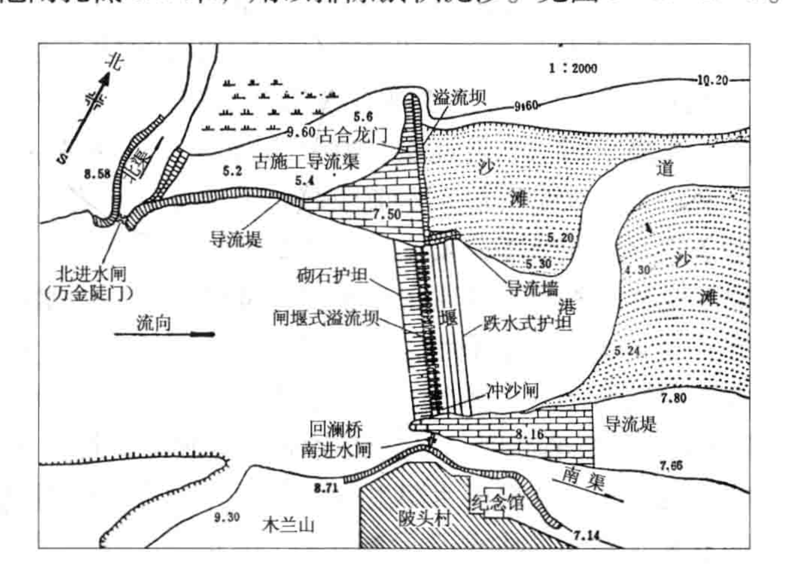


图3-2-2-5 莆田县木兰陂枢纽工程布置图

（采自《木兰陂纪念册》）



2. 渠系工程。从进水闸下游开引水渠，南渠有“大河七条，横阔二十余丈，深三丈五尺，支河一百有九条，横阔八丈，深二丈有奇，转折旋绕至三十余里”[66]。经过历代陆续扩展，现在南洋平原沟渠总长达199.8公里。北洋渠道，是利用原有延寿陂的沟渠加以扩展，现在总长达109.7公里。

3. 堤防涵闸工程。南北洋沿海都建有海堤，历代加以维修整固，现有海堤总长87.48公里。沿堤建有泄洪涵闸。李宏筑木兰陂时，“立林墩斗门一所，洋埕、东山水泄二所，东山石函一所”，“又恐泄水不足，立东南等处木涵二十九口，以杀其势”[66]。以后历代有所增减，今有大型排水闸17座，泄水涵洞91座，控制闸55座，进水涵洞152座。这些海堤涵闸工程，与陂首和渠系工程有机地连成一体，共同发挥着引水、蓄水、灌溉、排涝、挡潮的作用。

木兰陂工程规模大，是福建省古代最大的拒咸蓄淡有坝引水工程。工程的主体拦河大坝，经受了900多年洪水潮汐的冲击，至今仍巍然屹立，发挥着泄洪、灌溉、挡潮的巨大作用。这与创建时陂址的选择、工程的布局和结构，以及施工等技术水平高超有关，也与历代重视工程的管理和维修是分不开的。木兰陂卓著的工程技术成就可归结为以下几方面：

1. 坝址位置选择确当。拒咸蓄淡工程的挡水闸坝是“截溪海混流之陂”[67]。与一般截溪水灌溉之陂在位置的选择上相比，有其特殊的要求。挡河坝如靠溪河上流设置，则工程拒咸作用不大，如选择溪河临海位置，则工程施工比较困难，运行时闸坝受海潮的冲击破坏力较大。所以大坝选择的位置要使“水之咸者归海，水之淡者归溪”，又要使受洪流和海潮的冲击力较小。除此之外，还要符合一般建大坝的地质、地形、水流条件。

木兰陂坝址的选择吸取了2次建坝失败的教训。钱陂坝址在鼓角上将军岩，右岸有露头岩盘，直趋河中，对岸为河谷平地，水势右缓左急；林陂坝址在上杭温泉口，河面狭窄，宽仅160米，又是急弯所在，水流怒涛湍急，选择坝址不当造成了建陂的失败。为使建坝取得成功，李宏和冯智日慎重选择坝址，道光《福建通志》卷三四《水利》记载：僧冯智日“涉水插竹教宏以造陂处，其所定基视钱陂在下流，视林陂在上流，溪面宏阔，水势迂缓，其下山势迴合”。将坝址选在木兰山与北山山麓之间，河面较宽，又是直段，水流较缓，河床下有基岩，地质基础好，具有良好的建坝技术条件，这使大坝的安全度大为提高。

同时，坝址位于南北洋平原的顶端，渠首接近灌区，干渠引水段不长，节省开渠经费。坝址附近河面宽阔，利于蓄水，坝址以上河谷平原狭长，蓄水库淹没损失少，洪水期间回水淹没损失亦少。因此，从经济上说也是合理的。

2. 枢纽工程的布置和结构合理。木兰陂枢纽工程的布置符合现代有坝引水工程布置的原则，将拦河坝、南北渠进水口、冲沙闸、导流堤、护坦等合理地组成一个水利枢纽，解决了咸淡分开、枯水期蓄水引水、洪水期泄洪、坝前和渠口冲淤等问题。

拦河坝是枢纽的主体工程，长232米，其北段采用重力坝型，这种坝型莆田县在此之间的太平、南安、使华陂都采用过，但木兰陂的南段则不同，采用堰闸坝型，正向主流布置，其宽度接近北山下河段的最窄宽度，堰闸达32孔之多，这样，



过闸的单宽流量减少，对堰闸的冲击力减小，增加了大坝的安全度。采用插板闸门，利于洪启旱闭，启闸时可增泄流量400立方米/秒。因木兰溪是一条洪枯流量悬殊的河流，据现有观测资料，其最大洪峰流量达3620立方米/秒，枯水时因上游拦溪截水，流量最少出现过0.038立方米/秒的情况。大坝采用堰闸结构，枯水时闭闸，控制全部枯水流量，抬高水位，满足引水灌溉的需要；洪水时启闸泄洪，增加泄洪量，减少上游淹没损失。而且闸孔的尺寸大小合适，启闭并不笨重。这种带有泄水闸的大型砌石重力坝，在我国的水利史上木兰陂是首创。

3. 泥沙处理的技术高超。木兰溪在陂址以上300余米，溪河奔流在两山峡谷间，宽仅130米，一出峡口河面扩展，到陂前达210米左右，河道变宽，水流变缓，泥沙易于沉积于陂前。为解决这一问题，初建时即在陂的南端渠道进水口附近设置冲沙闸，闸底高程低于渠道进水闸，开启冲沙闸即能冲洗沉淀的泥沙，加上坝南端采用堰闸结构，汛期泄洪有利于排沙，解决了南洋进水口和陂前淤积的问题。北洋进水口在坝北端的上游，进水角度与溪水流向成锐角相交，有利于取水防沙；进水口处有底岩露头，并建有长150米的导流堤与拦河坝相接，河段流速较大，因此进水口也不淤积。木兰陂运行了900余年，陂前基本无淤积问题，南北洋进水口引水顺畅，这也可谓是一项奇迹。

4. 施工技术科学，质量牢固。大坝建在250米宽的河道上，工程艰巨浩大，建筑技术复杂。当时施工分两期进行。第一期，在河道南半部筑“上下游围堰，以障溪海之流，引水从别道入海”。即在河道南半部围堰建闸，以北半部河道作为施工导流沟。堰闸坝基处挖了河床基坑，对软弱地基进行了处理，然后“累石其中，以为基础，钩锁结砌，鳞次栉比，渐高渐杀，至石梁乃分为三十二门。每门各竖两巨石为将军柱，厚四尺五寸，长一丈二尺，高出水上，叠板为闸，涝则纵，旱则闭”[63]。第二期，闸堰建成后，拆除围堰，开闸通水，于枯水季节，一举把北半部河道堵口合龙，然后砌石加固，建成溢流坝。

从完好保存至今的坝体看，大坝均由花岗岩条石垒叠砌筑，每块条石都在二吨以上，砌筑平整密合。坝闸墩上游的半个墩用条石砌筑，顶上用90厘米×50厘米×200厘米大条石压顶，下游半个闸墩用四条断面为60厘米×60厘米的石柱（俗称将军柱），自上游向下游紧靠成排，竖插嵌入坝基，第一根高度与墩顶齐，其后一根比一根低。柱基灌注铁水扎牢，再以条石砌筑石柱周围成墩，并与上游的闸墩连成整体。可见闸墩砌法的特别处是采用了长条的石柱，利用石柱顶住上游的闸墩，增加稳定性。顶面大条石之间用元宝形铁锭相连，成为一牢固的整体。

拦河坝与河岸连接处，南北两端皆砌有条石，形成的上下游导流堤，除引导水流外，上游（北岸）导流堤还具有挡土、防冲和防渗等作用；下游（南岸）导流堤亦起挡土和保护坝体的作用。堰闸式坝段下游砌长条石为护坦，呈阶梯跌水形式，这种形式消能效果较好，可保护河床免受冲刷及淘蚀坝基。

5. 灌区水利设施配套，能有效、综合地利用水资源。木兰陂灌区内大小河沟组成灌排系统，大沟多利用原来的天然港道，小沟多为人工开挖，组成纵横交错的平原河网，起引、蓄、灌、排的作用。又在沿海修建陡门涵闸。“陡门之设，旱则障溪水使不得出，潦则泄溪水使不得溢，是陡门者又木兰（陡）之大通大塞



也。”[68]南洋以林墩、洋城、赤山三座陡门最为重要，北洋以芦浦、陈坝、泄口等陡门最为重要。在沿海海堤上还设有数十个泄水涵洞，涵洞有木、石二种，石涵比木涵大，“潦开晴塞”。由于“有堤有港，有塘有沟，有圳有泄，因天时与地形以纵闭”[69]，灌区建有灌排河网、排水闸涵、海堤等组成配套的水利系统，通过水量调度，合理地进行“引、蓄、灌、泄”，提高了灌溉保证率，旱、洪、涝、潮灾大为减轻，又可发展水产养殖和水运业，从而充分地利用了当地的水资源，将盐碱遍野的南北洋改良为沃壤。

6. 重视工程的管理和维修。李宏建成木兰陂后，设陂司管理机构，拨出专门田地，以其收入作为维护经费。设有陂正一人，陂副一人，甲头一人，小工八人，水手一人，从事常年性的管理和维修。历代大修、小修不断，从宋代至明清，维修不下40余次。为防止南北洋争水，规定以三、七分水，南得七分，北得三分，其进水口高低广狭皆有定数（弘治《兴化府志》卷五三《水利志》）。

总之，木兰陂这一拒咸蓄淡工程体现了我国古代人民的高度智慧和卓著的创造能力。

四、拒咸蓄淡堰闸工程的特点和技术要求

唐宋元时期在东南沿海通海溪河上修建了许多堰闸，以拒咸蓄淡。因其要解决的水利问题和所处的地理环境和水流动力条件的特殊性，使这类工程有以下一些特点和技术要求：

（一）要根据沿海灌区的规划选择好挡水工程的位置

如果堰闸过于近海设置，则近海地多淤泥，海潮强劲，修筑较为艰巨，所以筑闸一般离海有一段距离。然而沿海有些海岸，处在淤积状态，闸下潮沙壅高，将河道堵塞，使积水无法下泄，因此有人提出“置闸莫利于近外”的主张。北宋赵霖说：“置闸必近外，去江海止可三、五里，使闸外之浦日有澄沙淤积，假令岁事浚治，地里不远，易为工力。”[70]浙东黄岩县官河灌区宋代在沿海建闸11所，由于开少闭多，潮汐淤塞，使闸下河道几乎淤平，下田水排不出去被淹受害。有人建议：“因各闸去海颇远，潮淤日积，未免有尾塞不通之患，乃请……近海之地建闸一所。”[71]这类拦潮闸，闸上未建引水渠，泄水的功能大于拦水灌溉的功能，应该较为近海设闸。而如它山堰和木兰陂，堰闸上游开有引水渠，则要稍靠内设置，以居高临下控制整个灌区。因此，拒咸蓄淡堰闸的位置要慎重选择，以使建筑物发挥应有的功能，使运用的时间长，维护费用节省。

（二）要求工程构筑牢固

因堰闸处于咸淡水流夹击之地，东南沿海地区入海河道多发源山区，汛期山洪暴发，疾驶而下冲击堰闸，台风海潮又席卷而上，上下夹击，堰闸容易受损，因此，对其结构和材料的要求更严。重要的堰闸皆用大块条石纵横垒砌，用蜃灰锢之，甚至镕铁胶结，堰基打入木桩进行专门处理，力求修筑牢固。如宋代华亭县（今上海市松江县）张泾闸，《宋史·河渠志七》载：乾道二年（公元1166年），“张泾堰两岸创筑月河，置一闸，其两柱金口基址，并以石为之，启闭以时，民赖其利”。修建的是石闸。又据绍兴《云间志》载，张泾闸闸孔宽四尺，高十八板（即19尺8寸），修筑时在闸基和闸座甃巨石，“增故土七尺”，加筑七尺高闸墙与



海塘衔接。修筑步骤先在平地建闸，再开挖上下引河（月河），长3355尺，宽6尺，与原河接通，这样施工较易，质量有保证。如宋代绍兴三年（公元1133年），在浙江平阳县建沙塘陡门，雍正《浙江通志》卷六一载，起初用巨木交错做成重屋（似木笼）七间，四周以厚板拼严，成为木柜，实土其中，作为心墙，左右上下又沉石打桩联结，中间三间空出置闸。十余年后木腐土溃，水流泛溢。又重购求巨材修之，坝内仍作成黏土心墙，外面交错砌以条石板石，“凿石为条为板为掉为碗，自斗两吻及左右臂闸之上下，柜之表里牙错鳞比，以蜃灰锢之”。建成黏土心墙砌石坝，深广超过旧制三分之一，牢固性大大提高，起到“上蓄泉流，下捍潮卤”的作用，受益农田达40万亩。

（三）重视堰闸上下游泥沙的处理

宋代之后，东南沿海山区开发加快，水土流失逐渐加重，溪流挟带大量泥沙，易淤积在堰的上游。对此它山堰和木兰陂分别设有“回沙闸”和“冲沙闸”，防止了泥沙淤积渠口。对堰闸下游潮沙的淤积，一是溪水大时开闸冲淤，二是用“爬梳之法”[72]，即以铁齿耙随潮进退刷之。

（四）拒咸蓄淡堰闸往往与海堤、灌排渠道等组成一个整体的水利系统，发挥引、蓄、灌、排及挡潮的作用

唐、宋、元时在东南沿海大力围垦海涂，为此修建了不少拒咸蓄淡的堰闸，以隔离咸潮，拦蓄淡水。堰闸必须与海堤、灌排渠道等水利工程配合起来，共同起作用，才能把海涂改造成为良田。这一时期开发的许多海涂垦区，如木兰陂灌区等，其水利工程设施主要由堰闸、海堤、灌排渠系三部分组成，由于水利措施得力，所以开发海涂田的效果显著。

参考文献

〔1〕吴越·范垌、林禹：《吴越备史》卷一。但有人对此史料有不同意见，见张修桂《金山卫及其附近一带海岸线的变迁》，《历史地理》第三辑。

〔2〕《晋书》卷七六《虞潭传》。

〔3〕《资治通鉴》卷一一一。

〔4〕南宋·绍熙：《云间志》认为是防御海寇的军事防御工事，明末顾炎武认为沪渎垒“筑于沿海一带，以遏潮冲”（《天下郡国利病书》卷二〇）。据近人谭其骧考证（《长水集》下册），沪渎垒即今上海市青浦县东北的旧青浦镇（青龙镇）西之沪渎村。

〔5〕海堤长度记载不一，郏侨《水利书》引《新唐书》作214里。

〔6〕黄宣佩：《从考古发现谈上海成陆年代及港口发展》，《文物》1976年第11期。

〔7〕明·曹印儒：《海塘考》，嘉庆《松江府志》卷一〇。

〔8〕光绪《华亭县志》卷四《海塘》。

〔9〕《宋史》卷九七《河渠志七》。

〔10〕《新唐书》卷一四三《李承传》。

〔11〕《宋史》卷四二六《张纶传》。

〔12〕嘉庆《东台县志》卷一一。

〔13〕《宋史》卷三〇〇《俞献卿传》。



［14］《嘉庆重修一统志》卷二八二《浙江统部二》。

［15］咸淳《临安志》卷三一丁宝臣《石堤记》。

［16］《元史》卷六五《河渠志二》。

［17］《两浙海塘通志》卷二引宋代鲁应龙《闲窗括异志》。

［18］《宋史》卷四二一《常楙传》。

［19］《天下郡国利病书》卷八四《浙江二》。

［20］以上见楼钥：《攻媿集》卷五九《余姚县海塘》；《农政全书》卷一六《石海塘记》。

［21］康熙《绍兴府志》卷一七《堤堰》。

［22］光绪《镇海县志》卷八《水利》。

［23］雍正《浙江通志》卷六二《海塘》。

［24］万历《上虞县志》。

［25］光绪《永嘉县志》卷二《舆地志二·水利》。

［26］民国《平阳县志》卷七《水利上》。

［27］民国《续修盐城县志》卷二引宋·周辉《清波杂志》。

［28］浙江省文物考古研究所：《五代钱氏捍海塘发掘简报》，《文物》1985 年第 4 期。有人认为此塘后人做了维修，已不是钱氏时的原貌了。又淳祐《临安志》卷一〇“捍海塘铁幢浦”条记云：“土人相传云：吴越王射箭止处，尝立铁幢，因以名之。”万历《钱塘县志·纪都》引徐一夔《辨铁幢》载，钱镠筑海塘时曾立三个铁幢，以为水则，“幢制首圆如杵，径七八寸许，出土约三尺余”。一在候潮门东南旧便门街东南小巷，一在旧荐桥门（今城头巷北口）外。这二处铁幢明时已湮没，惟存利津桥（今南星桥东）北一处。

［29］《元史》卷六二《地理志五》。

［30］咸淳《临安志》卷三一《山川十》。

［31］《宋史》卷九七《河渠志七》。

［32］《宋史》卷三二七《王安石传》。

［33］咸淳《临安志》卷三一《捍海塘》。

［34］明·徐光启：《农政全书》卷一六引《石海塘记》。

［35］《嘉庆重修一统志》卷二九四；《新唐书·地理志五》也有记载。

［36］《绍兴县志资料》第一辑第三册。

［37］宋·邵权：《越州重修山阴县朱储斗门记》，载《绍兴县志资料》第一辑第三册。

［38］宋·沈绅：《山阴县朱储石斗门记》，载《会稽掇英总集》卷一九。

［39］宋·徐次铎：《复鉴湖议》（嘉泰《会稽志》卷一三）说：“玉山斗门八间，曾南丰所谓朱储斗门是也，去湖最远，去海最近，地势斗下，泄水最速。”宋·沈绅《山阴县朱储石斗门记》（载《会稽掇英总集》卷一九）说：玉山斗门“以节二县塘北之水……溉田三千一百十九顷有奇”。

［40］“碶”即堰闸，是浙东人对这一水利工程的专有称呼。曾巩《广德湖记》（《元丰类稿》卷一九）称：“鄞人累石堙水，缺其间而扃以木，视水之小、大而闭，纵之，谓之碶。”

［41］以上浙东堰闸皆见雍正《浙江通志》卷五八～六〇。

［42］《新唐书》卷四一《地理志五》。

［43］淳熙《三山志》卷一六《水利》。

［44］乾隆《福建通志》卷七《水利》。

［45］《宋会要辑稿》食货六一之一二三。

［46］道光《福建通志》卷三四《水利》。

［47］陈池养：《莆田水利志》卷八引宋·傅淇：《陈坝斗门记》等。



〔48〕乾隆《海澄县志》卷二三引唐朝彝：《提督许公重修陂闸碑记》。

〔49〕乾隆《海澄县志》卷六、卷一二。

〔50〕康熙《雷州府志》卷二《水利》。

〔51〕《元史》卷一六三《乌古孙泽列传》；《新元史》卷一七四《孙泽列传》

〔52〕宋·魏岘：《四明它山水利备览》。以下引文未注者皆引自该书。

〔53〕宝庆《四明志》卷一二《鄞县志·渠堰碶闸》。

〔54〕《鄞县水利志》，河海大学出版社，1992 年，第 325 页。

〔55〕叶仲龙：《它山堰考略》，《中国水利》1982 年第 1 期。

〔56〕以上见王一鸣、陈勇：《从它山堰现场勘探情况谈其结构》，载《它山堰暨浙东水利史学术讨论会论文集》，中国科学技术出版社，1997 年。

〔57〕缪复元：《它山堰考疑》，载《它山堰暨浙东水利史学术讨论会论文集》，中国科学技术出版社，1997 年。

〔58〕沈之良，陈万丰：《再谈我国水利史上的奇迹——有关唐代它山堰的千古之谜》，《科学导报》1995 年第 11 期。

〔59〕乾道《四明图经》卷二《渠堰·它山堰》。

〔60〕乾隆《莆田县志》卷二《邑人太仆卿林源记》。

〔61〕宋·林大鼐：《李长者传》，弘治《兴化府志》卷二九。

〔62〕乾隆《莆田县志》卷二《水利》。

〔63〕宋·余飏：《莆阳木兰水利志》。

〔64〕宋·徐鉴：《募修木兰陂引》，载清·陈池养：《莆田水利志》卷七。

〔65〕福建省水利史志办：《莆田木兰陂》，《福建省水利史志资料》1985 年第六期。以下有关木兰陂的状况多参阅该文。

〔66〕宋·方天若：《木兰水利记》。

〔67〕乾隆《莆田县志》卷二《水利》称："吾地之陂其名一，而其类有二：一曰截溪水高下之陂，若北洋两溪逐层樽节而横截之，垒石与水面平而止，蓄水以溉高田，其大水仍浰漫而过，使下陂有所受。……一曰截溪海混流之陂，若南洋木兰陂，溪与海接，非中分而截之，何以使水之咸者归海，水之淡者归溪乎。其设陂也必用巨石立柱，犬牙相掣，堰高于岸而止，然后海涛上有所捍，而溪流得旁趋以入沟，故止设此一陂，而南水之大势以定矣。"

〔68〕乾隆《莆田县志》卷二《水利》"余飏记"。

〔69〕宋·郑寅：《重修濠塘泄记》；清·陈池养：《莆田水利志》卷八。

〔70〕宋·赵霖：《体究治水利害状》，载《吴郡志》卷一九。

〔71〕宋·周志伟：《请开河疏》，雍正《浙江通志》卷五八《水利》。

〔72〕宋·王居安：《重浚官河记》，雍正《浙江通志》卷五八《水利》。



第三章
陂湖塘堰

山丘高亢地区，地表水易流失，干旱是这些地区农业生产的最大威胁；而一降大雨，又易发生山洪，毁坏农田和房屋。因此需要修建蓄水工程，拦蓄水流，达到滞洪和灌溉农田的目的。陂湖塘堰是南方山丘地区农田水利的主要工程形式，有利用环山抱洼的有利地形，修筑长堤，围成陂湖的；有在平地凿池，或在谷口及高地水所汇归处筑堤成塘，就地潴蓄径流的；有在山谷和溪流上筑堰坝，拦引水流的。唐宋元时期南方开发加快，旧有的陂湖塘堰工程大多得到改建和扩建，并新建了许多大、中、小型陂湖塘堰工程，工程技术取得明显进步，并对陂塘修筑管理技术经验作了较为系统的总结。

第一节　南方陂湖塘堰的发展

我国南方地区多丘陵山地，山丘地区的面积约占南方总面积的75%左右。唐、宋时期，随着经济重心的南移，南方开发进一步加快，山地被开垦成水平梯田，蓄水种稻，适于丘陵山地的陂湖塘堰灌溉工程得到迅速的发展。特别是淮南和江南地区，努力对原有的陂湖重加建设，改进完善工程设施，扩大水利综合效益，同时新建了许多中小型塘堰工程。陂塘工程还大步推进到岭南地区。到元代时，塘堰工程在南方业已普及。

一、淮南陂塘水利的整治

（一）淮南社会经济发展与陂塘水利

淮南地区在隋唐以前，陂塘水利已甚发达，兴建有不少规模颇大、效益卓著的工程。唐代中叶之后，淮南地区的经济地位更加重要，常与江浙并提。史称："赋之所出，江淮居多。"[1]"江淮田一善熟，则旁资数道，故天下大计，仰于东南。"[2]由于淮南的农业生产关系到国家的赋税收入，为此政府大力在淮南设置屯田，屯区皆设于陂湖水利基础较好的地方。如"上元中（公元760～761年），于楚州（今江苏淮安市楚州区）古射阳湖置洪泽屯，寿州（今安徽寿县）置芍陂屯，厥田沃壤，大获其利"[3]。北宋时期，政府所需的漕粮主要依靠江淮以南地区供给。太宗淳化四年（公元993年），东南六路上供漕米达620万石，其中两浙路、淮南路各占150万石，可见淮南经济地位的重要，其中不少粮食是由芍陂、白水塘等灌区供给的。南宋初，淮南水利因战乱一度衰败。但"淮西为建康之屏蔽"[4]，故而又在淮南设置屯田。"募兵耕垦闲田"，田畴高原处旧有的陂塘，"官给钱米，以浚治之"[5]。以后乾道间，知庐州赵善俊又"复芍陂、七门堰、农政用修"[6]。两宋时期淮南仍是农产丰饶之地。元代，淮南陂湖灌区列为全国的重要屯田区。至元二十一年（公元1284年）在芍陂立屯开耕，派兵2 000人，布种2 000石，得粳糯25 000石。第二年又增屯田军2 000人，至元二十三年正式在安丰县（今安徽寿县



南）立屯田万户府，屯户达14 800多户，屯田利用芍陂，“可溉田万余顷”。同年在白水塘、黄家疃等处立洪泽屯田万户府，有户15 994名，田35 312顷多。[7]其间芍陂、洪泽屯田“岁得米数十万斛”[8]。芍陂、洪泽屯至元末还存在。大规模的屯田维护了淮南陂湖水利的良好效益，工程不断得到整治改进。

另外，淮南有些陂湖水利的整治与运河需要陂塘水接济有关。如扬州五塘在中唐以后作用日益重要，除扩大灌溉面积外，还接济扬州运河漕运用水，成为运河的水柜。这一举措与长江潮势的变化有关。唐代开元之前长江潮水能内入邗沟，北至邵伯堰。后来受长江三角洲迅速向海域推进，瓜洲（在今江苏扬州市南）与北岸相靠的影响，长江主泓南徙，大历以后，潮水不再通扬州郭内，扬州上下恒苦水涩，于是邗沟运河开始借塘水济运，为此大修扬州五塘，增加设施，调度塘水入运河，陂塘工程技术也得到了发展。

（二）淮南陂塘水利的整治

这一时期对芍陂、扬州五塘及白水塘等都着力进行了整治。

芍陂是淮南大地上最早建成的陂塘工程。隋代高祖时，赵轨任寿州总管长史，对芍陂加以修治。《隋书》卷七三《赵轨传》载：“芍陂旧有五门堰，芜秽不修。轨于是劝课人吏，更开三十六门，灌田五千余顷，人赖其利。”赵轨将原有的5个水门增加到36个，说明灌区的灌排沟渠分布更密，灌排调节更为方便了。这些水门多分布在西、北及东北堤上。芍陂地势南面和东面高，西北和北面低，水门的这种布置易于引排。见下页图3－3－1－1。唐代芍陂“陂径百里，灌田万顷”[9]，灌溉面积比隋代增加一倍。芍陂此时周长达224里[10]。广德二年（公元764年）宰相元载又开永乐渠，引水灌溉高原田[11]，扩大了芍陂灌区的灌溉面积。

宋代芍陂仍是“窦堤为三十六门”[12]。宋真宗时灌溉面积一度减少。这是因上游山区开发后，水土流失加重，芍陂渐被泥沙淤积，“豪右多分占芍陂，陂皆美田，夏雨溢坏田，辄盗决”[13]。当时地方官员坚决处理盗陂为田者，塞堤岸决口，恢复灌溉效益。宋仁宗明道中（公元1033年），张旨知安丰县，“浚淠河三十里，疏泄支流注芍陂；为斗门，溉田数万顷；外筑堤，以备水患”[14]，对芍陂进行全面整治。其疏引渠、修斗门、外筑堤的统筹治理方法，一直为后世所遵循。宋神宗时大兴水利，也修治芍陂，“引汉泉灌田万顷”[15]。水源方面有了扩大。南宋初年（公元1145年左右）又“复芍陂，七门堰”[16]。芍陂灌田仍达万顷[17]。

元代，对芍陂水利的作用很为看重，一直在灌区设屯开垦种稻，芍陂灌溉效益显著。

扬州五塘即陈公、句城、小新、上雷、下雷等五座陂塘的总称。《新唐书·食货志》记载，唐代扬州一带济运的蓄水陂塘有34个，其中以陈公等五塘的规模最巨，作用最大。中唐以后，为确保南北漕运的畅通和扬州一带的灌溉用水，颇重视五塘水利的修治。

贞观十八年（公元644年）扬州大都督府长史李袭誉以“江都俗好商贾，不事农桑”，“乃引雷陂水，又筑句城塘，溉田八百顷，百姓获其利”[18]。这时五塘的作用主要是灌溉农田。中唐之后，扬州运河常苦水少，于是疏太子港（泰子沟），引陈登塘凡三十四陂之水以入漕河，但仍未彻底改变水浅的状况。贞元四年



马陡塘周围十里
独龙陂周三十余里
下桑陂塘塘制甚大
刘陂塘周围甚大
运粮河至州城六十里
上桑陂塘周二十里
樊陂塘周二十里
至上阳六十里达淮
孙公祠
由瓦埠五十里至农津渡
老庙集
安丰故城
经十五里至和尚桥
小香门
大香门
正阳门
三陡门
西守门
大土门
小土门
朝贺门
流会门
存留门
新开门
利泽门
井字门
皂口门
安城
达子门
黄沙门
芍陂
祝子下门
祝子上门
又名安丰塘
沙涧铺
沙涧门
永福下门
永福上门
庙盘门
洒黄门
土坝门
深潭门
清水门
双门铺
下双门
上双门
嘉靖廿八年立退沟为界
塘之上界三十里变为田
脱台门
鸳鸯下门
鸳鸯上门
高门
新仓
枣子门
杨仙门
童子门
贤姑墩
引碑水道
龙穴山水

图 3－3－1－1　芍陂三十六门及灌溉网示意图

（据嘉靖《寿州志》记载绘制）

（公元788年）淮南节度使杜亚大加修治，"浚渠蜀岗，疏句城湖、爱敬陂（即陈



公塘），起堤贯城，以通大舟”[19]。据梁肃《通爱敬陂水门记》[20]，杜亚把爱敬陂堤岸增高，新建斗门一所，于是蓄水增加，既引水济运，又使原来灌溉不到的“夹堤高卬田，因得灌溉”[21]。之后贞元中，杜佑任淮南节度使，“决雷陂以广灌溉，斥海濒弃地为田，积米至五十万斛，列营三十区”[22]。唐代时五塘的灌溉和济运效益均大。

宋代运河缺水情况更加严重，故更依赖五塘济运，多次进行修筑。宋高宗绍兴四年（公元1134年）为防金兵侵扰，使运河不为敌所用，撤毁了真扬堰闸和陈公塘闸。淳熙九年（1182年）淮南运判钱冲之大修陈公塘，恢复并改进了陂塘工程设施。开禧二年（公元1206年）总辖唐璟率所部决陈公塘水以御金人。嘉定四年（公元1211年）修复塘堤232丈，沿西湫故道浚渠20里[23]。这一时期五塘即使遭到部分破坏，因济运需要，仍能修复，并重视平时的管理维修。

白水塘亦称白水陂，在今江苏宝应县西南85里，阔30里，周250里，三国时曹魏邓艾所筑，并与西面的破釜塘相连，“开八水门立屯溉田万二千顷”[24]。当时白水塘东筑有石鳖城，故称其屯区为石鳖屯。白水塘灌区范围很大，西起今之老子山，东至白马湖，南迄三河闸，北达灌溉总渠。东晋、南朝都在此经营屯田，刘宋元嘉末尝决此塘以灌北魏军。隋大业末破釜塘坏，水北入淮，于是相连的白水塘亦涸。唐代证圣中（公元695年）复修治白水塘及其北面的羡塘，设置屯田。上元中（公元760~761年）“于楚州有古射阳湖置洪泽屯”[3]。洪泽屯的范围很大，包括射阳湖（亦称射陂）、洪泽浦（隋炀帝时把破釜塘改名为洪泽浦）、白水塘等灌区。《新唐书·地理志五》载，长庆中（公元821~824年）又修白水塘，兴屯田，征发青、徐、扬三州民夫大规模进行灌区建设，在宝应县西南40里开徐州泾、青州泾，西南50里开太府（指扬州）泾，县北四里开竹子泾，在淮阴县南95里开堂梨泾，完善渠系工程。

五代时淮南被南唐据有。公元953年楚州刺史田敬洙请修白水塘溉田以实边，因执行机构奉行不得法，夺民田为屯，扰乱民众，工程未全部完成。宋代多次修治白水塘，南宋时还引水灌溉盱眙一带的屯田。元代初期也导白水塘水灌溉民田[25]。至元二十三年（公元1286年），立洪泽南北三屯，设万户府以统之，共有农田35 312顷[26]，引白水塘等灌溉，效益甚大。

另外，唐代后期在扬州高邮县（今江苏高邮市），也筑有堤塘灌溉工程。《新唐书》卷一四六《李吉甫传》载，元和（公元806~820年）中李吉甫为淮南节度使，“筑富人、固本二塘，溉田且万顷”[27]。另据地方志记载，唐时高邮还有茅塘、盘塘、柘塘、裴公塘、麻塘等陂塘，都是李吉甫所筑[28]。以后黄河夺淮后，淮河入海受阻，淮水东侵入于高邮，一些陂塘汇为巨浸，估计富人和固本等塘在现今的高邮湖中。

宋代淮南的小型陂塘兴修也多。如《宋会要辑稿》“食货六一”之一二五载，淳熙二年（公元1175年）淮东修治陂塘沟堰1 700余所。又仪征县，宋代“官塘无虑数十，合境和塘凡二百四十”[29]，陂塘水利甚是发达。

二、江南陂湖水利的修治和发展

江南丘陵和高亢平原，开发历史悠久，筑有众多的陂湖以蓄水灌溉。唐宋元时



期，由于江南经济在全国据有举足轻重的地位，因此重视兴办农田水利，陂湖水利工程得到较多的发展。

唐代时对一些重要的陂湖，如丹阳练湖、句容赤山湖、杭州西湖、余杭南北湖、鄮县的广德湖和东钱湖等都加以改建，又新建宣城德政陂、南陵大农陂和永丰陂、赣中盱水上的千金陂等，扩大了水利效益，工程技术上多有进步。宋代，尤其是南宋之后，江南地区人口增长很快，耕地渐感不足，人们除与水争田，修筑围田、柜田、涂田、沙田和架田外，另一条途径是变山为田，修筑梯田种稻，为此适应于山丘区灌溉的小型陂塘堰坝得以广泛发展。

（一）重要陂湖工程的修治活动

丹阳练湖创建于西晋末，湖周 40 里。唐代时练湖济运功能日渐重要，这与长江水流的变化有关。因江南运河镇江至常州段地势高昂，自西北向东南倾斜，水流易泄难蓄。该段水源主要引自长江江潮，并靠在运河中段置拦河堰坝蓄水平水。唐代中叶后长江潮位低落，京口运河水源难于引取，故得依靠练湖作为水櫃济运，于是多次进行整治维护。早在唐初时，练湖因经过 300 多年的运行，湖床已淤积抬高，强家大族乘机占湖为田。在练湖中筑一横埂，长 14 里，“开渎口泄水，取湖下地作田”，侵垦湖面达“一百一十五顷”[30]。其湖未隔断以前，春夏时湖中蓄水灌溉田苗；运河水干浅，又得湖水接济；若霖雨泛溢，即开渎泄水，通流入江。围垦以后，由于湖泊面积缩小，调蓄功能削弱，致使“秋夏雨多，即向南奔注，丹阳、延陵（治今丹阳西南延陵镇）、金坛等县，良田八九千顷，常被淹没，稍遇亢阳，近湖田苗，无水溉灌”[30]。永泰元年（公元 765 年）韦损任润州刺史，对练湖进行全面整治，“浚阜成溪，增理故塘，缭而合之，广湖为八十里”。湖周从原来的 40 里扩为 80 里。在修缮塘岸，扩大库容的基础上，“疏为斗门，既杀其溢，又支其泽，沃堉均品，河渠通流”[31]。这次整修练湖后，形成了一个由湖堤、斗门、函闸等组成的较为完备的工程体系，工程效益大为提高，集灌溉、济运、蓄洪等多种功能，统一进行调度。当时定有严格的维修管理制度，不准垦湖为田，“盗决者罪比杀人”[32]。

唐末战乱，练湖无人管理逐渐废弛，南唐昇元元年（公元 937 年）丹阳知县吕延祯奏修练湖堤岸斗门，筑塞破缺堤岸，筑堰捺断毁坏的斗门，昇元五年又建成新斗门，于是练湖得废而修复[33]。

宋元以后“镇江运河全籍练湖之水为上源，官司漕运，供亿京师，及商贾贩载，农民来往，其舟楫莫不由此”[34]。因此练湖的浚治次数增多，大的浚治活动宋代有九次，元代四次。然而因湖泊淤积加重，管理时紧时松，盗湖为田不断，练湖逐渐趋向湮塞萎缩。发展到清末，大部被垦辟成田[35]。

句容的赤山塘，位于县西南 30 里，利用山间洼地筑成。创建于三国孙吴赤乌二年（公元 239 年），唐代进行了大修。麟德中（公元 664 ~ 665 年）句容县令杨延嘉增修赤山湖故堤。大历十二年（公元 777 年）县令王昕复修，“周百里为塘，立二斗门以节旱暵，开田万顷”[36]。工程完工后，樊珣撰有《绛岩湖记》[37]，称经此次修筑后，“开田万顷，赡户九乡，泊成奥区，颇无凶岁”。斗门可控制湖水入东西两湫（水沟），及入秦淮河水量，修建后效益不错。南唐保大中（公元 943 ~



957年）发生侵耕湖田的诉讼问题，州司特派人丈量，得湖周为122里96步，当时制定湖规十一条，对用水管水、维修管理都作了详细的规定。还建斗门三所，以控制湖水的蓄放，其时湖水可浇湖水上元、句容两县的临泉、通德、湖熟、崇德、丹阳、临淮、福祚、甘棠等九乡农田千余顷[38]。

宋初对赤山湖又进行整修，置造斗门三所，修筑湖埂和百冈堰，通过斗门、百冈堰配合调度，控制蓄泄。之后，建隆、乾德、开宝年间多次重申湖规，严格检查执行情况，赏罚分明，赤山湖继续发挥巨大的效益。明清以后因淤积严重湖面才逐渐缩小。

杭州西湖位于杭州城西山麓之下，是利用古泻湖筑堤形成的一座人工湖泊。水源来自湖西诸山溪涧水及泉水。唐代，由于杭州成陆年代不长，地近江海，故“水泉咸苦”，居民生活不便。大历时李泌为杭州刺史。作六井，引西湖水入城供民用，于是“邑日富，百万生聚待此而后食”[39]。长庆二年（公元822年）白居易任杭州刺史，“始筑堤捍钱塘湖，钟泄其水，溉田千顷，复浚李泌六井，民赖其汲”[40]。西湖的规模此时基本确定，通过修筑一系列的工程设施，将原来只供城市用水的湖泊，改造为具有综合作用的人工水库，特别是开始引水灌溉大面积的农田，这对当地农业生产的发展作用很大。

五代钱氏建都杭州，重视西湖的管理维护，“置撩湖兵士千人，专一开浚”[32]。湖泊功能发挥良好。但到宋代建立后，未能坚持开浚制度，湖淤浅涸，葑草丛生，湮塞过半，严重影响了湖泊供水、灌溉、济运等作用的发挥。元祐中（公元1086～1093年），知杭州苏轼奏开浚西湖[41]，积葑草为堤，横跨南北两山，长30里，人称为“苏公堤”。这是西湖工程建设上一个较大的变化，此举既浚了湖淤，又建了湖中堤路，方便了行人。之后设立开湖司负责经常的开葑撩浅工作，南宋时有数百兵士专门从事浚湖工作[32]。此时期西湖水利达到极盛。

元明清时西湖的地位仍很重要，多次进行清淤等大修活动。现在的西湖已无供水和灌田效益，成了驰名世界的游览胜地。

余杭南湖位于余杭县治南，筑于东汉熹平二年（公元173年），后堙废。唐代宝历中（公元825～827年）县令归珧固故迹重修，有隔堤把全湖分为上、下两部分。又于县北三里开成北湖，引天目山苕溪诸水潴积起来，周回60里，溉田千余顷[11]。宋初南湖建有严格的管理制度，工程设施保持完好，宣和、绍熙时曾进行过大修。以后随着天目山区的开发，水土流失加剧，南湖淤积严重，豪民乘机占湖为田。嘉靖后期南上湖被“民间占据无余”，南下湖只剩下“三分之二”的湖面。北湖也于明代湮废。见下页图3－3－1－2。

鄞县广德湖，位于今宁波市西12里，原名罂脰湖，是利用沼泽洼地筑堤围成的人工陂湖。咸丰《鄞县志》载广德湖四址为：南对青垫、夹塘、俞家宅一带，西枕林村、凤岙市，北界高桥、石塘，东界新庄一带。南宋曾巩《广德湖记》（《元丰类稿》卷一九）说：“湖之兴其在梁、齐之际。”它山堰未筑前，它是鄞西平原的主要灌溉水利工程。唐代大历八年（公元773年），鄮县（今浙江宁波市南）令储仙舟进行大规模修治，因惠德于民，故改称为“广德湖”，溉田400顷。贞元元年（公元785年）刺史任侗进行增修，大中元年（公元847年）又加以整



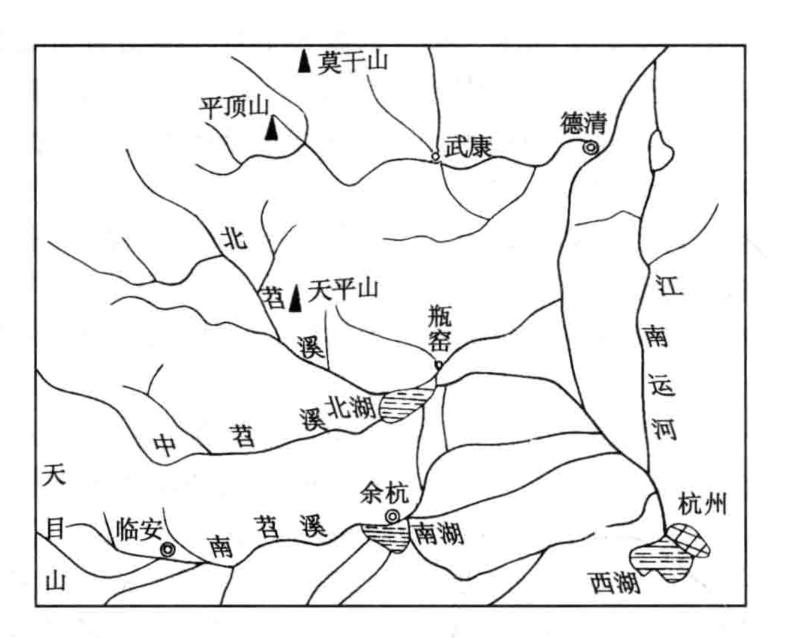


图 3－3－1－2　余杭南湖与北湖位置示意图

（采自《太湖水利史稿》）

修，灌溉农田增至 800 顷，还能引水注入北面的漕渠。北宋时多次修治，建隆元年（公元 960 年），节度使钱亿集民夫万人浚修，除保证灌溉外，还将水引入宁波城中，潴于日、月两湖，供居民用水，时环湖周长 12871 丈。天禧二年，郡守李夷庚"正湖界，起堤十八里限之"[42]。熙宁元年（公元 1068 年）由知县张峋主持的一次施工，规模最大，增筑环湖大堤 9134 丈，"其广一丈八尺，而其高八尺，广倍于旧，而高倍于旧三之二"[43]。建有碶（水闸）九座，埭（堰）20 处，溉田增至 2 000 顷，此时广德湖水利达到极盛。王廷秀《水利记》[43]称："西南乡之田所恃者广德一湖，环百里周以堤塘，植榆柳以为固，四面为斗门碶闸。方春，山之水泛涨时，皆聚于此，溢则泄之江。夏秋交，民或以旱告，则令佐躬亲相视，开斗门而注之。湖高田下，势如建瓴，阅日可浃。虽甚旱亢，决不过一二，而稻已成熟矣。"所起的水利作用巨大。

然而，自北宋初起，已有盗广德湖为田的现象，"废湖"和"保湖"之争不断。到政和七年（公元 1117 年）知明州（治今浙江宁波市）楼异经理废全湖为田 720 顷，"募民佃租，岁入米仅二万石"[43]。从此，能灌溉鄞西平原约一半农田面积的广百里的广德湖就从大地上消失了，其灌区遂改用它山堰之水。

东钱湖，又称万全湖，唐代又称西湖①。宋时称东湖，因在县治之东；其湖承钱埭水，又号钱湖。湖在今宁波市东南 15 公里，是利用天然泻湖改造而成的人工水库。

宁波东南的鄞东平原，地势平衍。其东南山丘环绕，未修建工程前，山凹洼地蓄水不多，处于"山高于田，田高于海，水有所泄，每岁不苦水而苦旱"的状况，干旱威胁大于水涝灾害，制约着农业生产的发展。宋人说："前古因山形有不合处

① 唐前期鄮县治在今五乡矸一带，东钱湖在县治之西，故称西湖。大历六年（公元 771 年）县治移今宁波市，湖在县治之东。



筑为长短塘，受涧谷之水七十有二。”[44]形成人工蓄水库，供农田灌溉。据说西晋时已存在，有灌溉之利。[45]唐代有了修筑工程的明确记载，《新唐书·地理志五》鄮县下载：东二十五里有西湖，溉田五百顷，天宝二年（公元743年）令陆南金开广之。又地方志记载，天宝三年，陆南金相度形势，增修湖堤，扩大湖面，共废田121 200多亩，湖周长达80里，灌溉鄞东平原农田50万亩[46]。湖的规模、工程设施经这次修筑后基本确定，工程很有特色，效益显著。

北宋时继续完善工程设施。如天禧元年（公元1017年）郡守李夷庚重修，整治环湖堤塘，浚治东钱湖。庆历八年（公元1048年）鄮县令王安石主持勘定湖界，以保护东钱湖不被围垦。嘉祐间（公元1056~1063年）修建莫枝、钱堰、大堰、梅湖四碶，闸门为砌石结构。治平元年（公元1064年）重修方家塘、高湫塘、梅湖塘、栗木塘、平水堰塘和钱堰塘，推算六塘共长2 419米。北宋时工程设施修筑得更加牢固，开闭管理方便。

南宋时，东钱湖因淤积湖盆抬高，葑草蔓生，政府组织了多次的除葑清淤活动，这时清淤已成为决定东钱湖存亡的重要措施。直到元代至顺中还有浚湖除葑活动。

皖南丘陵地区唐代后开发加快，为此兴修了不少灌溉陂堰工程，如宣州修建有德政、大农、永丰陂等灌溉工程。德政陂位于宣城县东南16里，大历二年（公元767年）由宣州观察使陈少游主持建造。陂坝建在宣城县东南鸡公岭下，水阳江在此分为东西两支，至老鹊垱复合为一，德政陂的坝建在东支上[47]，灌田20 000亩。此坝明、清时还有扩建工程。大农陂位于南陵县治东南20里，始建年代不详。元和四年（公元809年）南陵县令范传真因废陂重修。唐人韦瓘《宣州南陵县大农陂记》称：“有废陂曰大农，积岁不理，荒梗幽扈，邱隰遁形，空规残状。”范令横截青弋江筑石堰一座，堰长300步，“泄流引洫，臂发三港，支分脉散，泽入大田”。所筑的引水渠长60余里，溉田千顷。咸通五年（公元864年），又在南陵县东南60里，大农陂下游，设置永丰陂[48]。两宋时期，两陂都大修过，大农陂灌田50 000万亩，永丰陂灌田30 000亩。元、明以后，大农、永丰二陂相继湮废。

赣中一带的地貌以丘陵盆地为主，唐代开发加快，陂塘灌溉工程兴修渐多。《新唐书》卷一九七《韦丹传》记载，元和三年（公元808年），韦丹在南昌开陂塘598所，灌溉农田12 000顷。唐代还在抚州临川县（今江西抚州市）盱水上修筑了千金陂等一系列陂塘。据柏虔冉《新创千金陂记》[49]称：盱水流经府城东南，“至孔家渡，地平衍，土疏恶”，正流堙塞，支港排水不及，横溢农田。上元中（公元675年）遏支港建华陂，以滞洪蓄水灌溉。大历（公元766~779年）中刺史颜真卿又筑土塍陂。贞元（公元785~805年）中刺史戴叔伦继筑冷泉陂，并立均水法，解决争水灌溉的矛盾。咸通九年（公元868年）刺史李渤浚冷泉陂，又在其上横截盱水置千金陂，陂南北长125丈，解决了盱水危害问题，千金陂还与冷泉陂联合运用，各灌田数千顷。

由上述可知，江南地区前代创建的重要陂湖，唐代皆有较大的改建活动，宋元时期又有多次修治，工程技术水平有较大进步，并重视工程的管理维修制度。

（二）小型塘堰的发展

这一时期，尤其宋以后随着丘陵山区的进一步开发，修建了不少小型陂湖塘堰



工程。塘坝工程趋向小型化，这是与宋之前不同的一个显著特点。

在江西，袁州府（治今江西宜春市）的陂塘水利北宋时已甚发达。大中祥符（公元1008～1016年）初，袁州府宜春、分宜、萍乡、万载四县合计有陂塘4 453所，溉田5 442.83顷，平均每所陂塘灌田1.22顷[50]。另外，清江县、新喻县和新淦县三县共有陂塘708所，抚州临川县有陂塘102所，赣州赣县有陂277所[51]。到南宋初已出现“江西良田多占山岗，上资水利，以为灌溉”的状况。绍兴十六年（公元1146年）、乾道九年（公元1173年）皆下诏要求江西郡县督促农户多作陂塘，“以为旱备”[52]。

在江东，南宋绍兴中，洪兴祖知广德军，兴修陂塘600余所[53]。淳熙元年（公元1174年），江东九州军（建康、宁国二府，徽、池、饶、信、太平五州，南康、广德二军）43县，共修陂塘沟洫22 451所，灌溉农田44 242顷，受益户148 760户[54]。这些陂塘工程多分布于皖南山区。淳熙《新安志》卷三至卷五记载：当时徽州歙县、休宁、祁门、婺源、绩溪、黟县等六县共有陂塘2 206所，堨（坝）1 735所，其时青阳县有387所，泾县332所，旌德县有144所。以上共计陂塘堰坝4 794所。此外，景定《建康志》对建康城、句容县、溧水县、溧阳县的堰埭、池塘亦有记载，各县均有数十个堰埭池塘，当时山田已占农田总面积的50%～60%。

在浙西，仅淳熙二年（公元1175年）就修陂塘2 100所[55]，塘坝主要分布于天目山区。沈岱《吴江水考》卷一载：“孝丰之坝三十七，安吉之坝三十六，武康之堰七十二。”这些堰坝虽然载于明代文献，但大部分修筑于宋元时期，它们既起灌溉山田的作用，又能潴滞洪水，减轻太湖的水患。又咸淳《临安志》卷三九记载，当地称山间平原为“大源田”，于潜县（今浙江临安西）“所藉以为民命者，惟大源田，而为田之寿脉者塘堰是也。合六乡计之，大小堰约计三百二十，捺（坝）又七十所，分并不常，而为塘者十有一焉”，共灌田49 710亩。塘堰对丘陵山区农业生产的发展意义重大。

在浙东，宋元时努力开垦山区，“凡山颠水湄有可耕者，累石堑土，高寻丈，而延袤数百尺，不以为劳”[56]。所以山丘地区的塘堰工程发展很快。如南宋淳熙四年（公元1177年），浙东路新建和维修堰闸等92处，计灌溉民田249 266亩[57]。淳熙十一年，金华县兴修的塘堰湖陂达837所，溉田2 000余顷[58]。

在多山的福建，宋代已出现地狭人稠的问题，人们大力垦山，修筑梯田种稻。方勺《泊宅编》卷三称：“其人垦山陇为田，层起如阶级然，每远引溪谷水以灌溉。”也兴建了众多的陂塘。据统计，北宋福建路仅莆田、兴化、仙游三县就有陂塘463所。南宋时陂塘兴修更多。淳熙《三山志》卷一六记载：闽清县诸里村落各堰小溪成陂，溉田种50 000余石。按一石种十亩计，灌溉面积为50万亩。淳熙二年漳州龙溪县（今福建漳州市）修筑陂塘62所，灌田甚多[59]。福建水利先兴修于闽东沿海地区，以后逐渐向闽西山区推进，塘堰逐渐普及。

唐宋时期，塘堰水利工程还从江南向其余地区发展，塘堰修筑技术已传到海南岛。《宋史·河渠志六》记载：北宋开宝八年（公元975年）兴修琼州（今琼山县东南）度灵塘，溉水田300余顷。

元代以后，南方山丘和高平原地区的小型陂湖塘堰更加发展。《王祯农书·灌



溉篇》说："惟南方熟于水利，官陂官塘，处处有之，民间所自为溪堨、水荡，难以数计，大可灌田数百顷，小可溉田数十亩。"此时农户已普遍掌握了修筑小型陂湖塘堰的技术。

第二节　重要的陂湖工程技术

隋唐宋元时期，东南地区的扬州五塘、宝应白水塘、丹阳练湖、余杭南湖、杭州西湖、鄞县东钱湖、昆明滇池等都有较大的改建整治工程，水利工程系统逐渐完善，水利效益大为提高，可代表这一时期陂湖工程技术取得的进步和成就。

一、扬州五塘

扬州以北有维扬蜀岗，为黄土状岗地，从仪征向东延伸，经扬州到邗江的湾头镇逐渐消失，绵延数十里。蜀岗海拔一般为30～40米，由西北向东南倾斜。扬州以南面临长江，蜀岗与长江间为沿江冲积平原。早在东汉末年当地就利用山谷地形修筑陈公塘等陂塘，蓄水灌溉农田，发展农业生产。

沟通江淮的运河邗沟开凿在邗城（今扬州市西北）下。唐代开元以前，"京江（京口与扬子桥之间的长江）岸于扬子，海潮内于邗沟，过芙莄湾（即湾头），北至邵伯堰，汤汤涣涣，无溢滞之患"[60]。开元以后运河开始水浅，这时瓜洲已与长江北岸相靠，江流南徙，运河淤填。开元二十六年（公元738年），开伊娄河，从今扬子到瓜洲长25里。随着滩岸的增长，长江水流的变化，大历（公元766～779年）后潮水不通扬州[61]，因此必须解决运河水的补给问题。当时利用扬州一带的陂塘来接济运河水，以陈公塘、句城塘、上雷塘、下雷塘、小新塘等五塘效益最大（明代时称陈公等五塘为扬州五塘），故多次修筑改建，形成互相联系的水利系统。五塘的改建是根据灌溉、济运等需水的标准重新进行设计的，体现了规划多个陂塘联合运行的技术水平。

陈公塘，又名爱敬陂，创建于东汉，遗址在今江苏仪征县东北20里的官塘集，塘周长90余里，承纳36汊之水，溉田千余顷。唐代以前的功用主要是灌溉。唐贞元（公元785～805年）初，淮南节度使杜亚为解决运河水源问题，大力整修陈公塘，以扩大塘的功能。"乃召工徒修利旧防，节以斗门，酾为长源，直截城隅，以灌河渠。水无羡溢，道不回远。于是变浊为清，激浅为深，洁清澹澄，可灌可鉴。然后漕輓以兴，商旅以通，自北自南，泰然欢康。其夹堤之田，旱暵得其溉，霖潦得其归，化硗薄为膏腴者，不知几千万亩。"[60]增修陈公塘堤岸，新作斗门一所，开凿渠道，引水入运河，改变了扬州运河浅涩、污浊的局面，漕运畅通，水运方便；原来灌溉不到的高田，也能灌上水，扩大了灌溉面积。南宋淳熙九年（公元1182年）淮南运判钱冲之在前代的基础上又大修之。当时楚军参军李孟传撰有《钱判官冲之修陈公塘记》[62]，文中说：陈公塘"倚山为形，独一面为堤，以受启闭，凡八百九十余丈。环汊三十六毕汇于此。异时公私取给，才下尺寸，则已赡足，淮人恃之用备不虞。"自从唐代杜亚增筑大堤，塘的蓄水位抬高后，蓄水量增加，济运效果就很明显，陈公塘"才下其尺寸"，运河水已充足。记载大坝长890余丈，坝上有斗门一座，石础一座，此石础为正向溢流坝，当塘水高程超过石础高

度时可自动溢流，坝的两端建东西二湫，湫为泄水渎，类似现代的溢洪道。淳熙时这些建筑因使用岁久，皆有缺损，钱冲之重加修筑，并把石础往西迁 20 丈。可见唐宋时陈公塘大坝设施已很完备，布置合理，能蓄能排。尤其在大坝上设置溢流坝段（即石础），大坝的两端利用山凹开凿溢洪道水湫，再加上还有斗门设施，当山洪暴发时，能迅速排泄洪水，确保大坝的安全。因此，从技术上说，陈公塘大坝的构造与现代水库的大坝已甚相近。

句城塘，又名勾城塘，在扬州城西 35 里，仪征县东北 40 里。唐贞观十八年（公元 644 年），扬州长史李袭誉筑，其时修筑目的是为了灌溉，建成后"溉田八百顷"[36]。句城塘利用"四周皆山，起高可二里许，止东南一蹊可通乌塔沟"的地形修筑[63]。此塘东西阔 340 丈，南北长 1 160 丈，周长 18 里。由于充分利用山谷地形修筑，估计所筑塘堤不长，史无尺寸记载。堤上建有控制蓄泄的放水拦水闸座[64]，旱则放水灌溉或接济运河，潦则减水不至冲决塘岸。估计句城塘也建有石础，因明代曾拟在坝址上建减山闸，必然是石础的改建工程。塘水南流入乌塔沟，注入于漕河。

雷塘，又称雷陂，在今扬州市西北 15 里，分上、下两塘，上雷塘长广 6 里，下雷塘长广 7 里[65]。雷塘汉时已见记载，《汉书》卷五三《江都易王建传》中说：刘建"游雷波（波读为陂），天大风，建使郎二人乘小船入波，船复，两郎溺"。反映塘比较深广。唐代改建雷陂用以灌溉。贞观十八年（公元 644 年）修筑句城塘时，也在雷陂开渠引水灌田，此时也当修建水闸以利启闭。

小新塘，又称小星塘，在扬州西北 10 里，位于上雷塘之西南，东西阔 100 丈，南北长 170 丈，为五塘中规模最小者，周长共 2 里余。塘水注入上雷塘，转注下雷塘，由滩子河东入漕河[66]。

五塘兴建初期功用主要是灌溉，至唐贞元时开始引五塘水济运，其后济运比灌溉更为重要，为此进行改建工作。首先将塘堤增高，以增加蓄水量，并完善蓄泄设施，水门和溢流建筑技术皆比前代进步。其次将各陂塘与漕河相连，陈公塘由泰子沟与漕河相连，句城塘由乌塔沟与漕河相连，上、下雷塘与小新塘互相贯通，通过滩子河，下接漕河。运河水浅时，开启五塘的斗门济运。塘水由官府统一进行调度。见下页图 3－3－2－1。

明中叶以后，受黄河夺淮河入海水道的影响，淮水出路受阻，常经洪泽湖减水闸坝入白马、高邮等湖，再经淮扬运河南下入江，扬州河段不再患水少，五塘济运功能逐渐消失，维修管理松弛，五塘建筑日渐倒塌，豪民盗占湖田垦种。嘉靖末五塘全部被人租佃，陈公塘被佃 10 016 亩，句城塘被佃 9 600 亩。清朝雍正六年（公元 1728 年）特遣廷臣会同督抚勘查五塘情况，查得陈公塘有原额租田 9 963 亩，句城塘原额租田 9 495.5 亩，上雷、下雷、小新三塘原额塘租田 1 184.74 亩，认为五塘已无复塘的可能，也没有必要复塘了。五塘虽已消失，但五塘的工程技术和所起的历史作用仍将载入史册。

二、宝应白水塘

白水塘在宝应县西，盱眙县东北。三国曹魏邓艾所建，周 120 里，与破釜塘相连。唐代有大规模的扩建工程，进行完善渠系，增建大坝等活动，其工程技术颇有



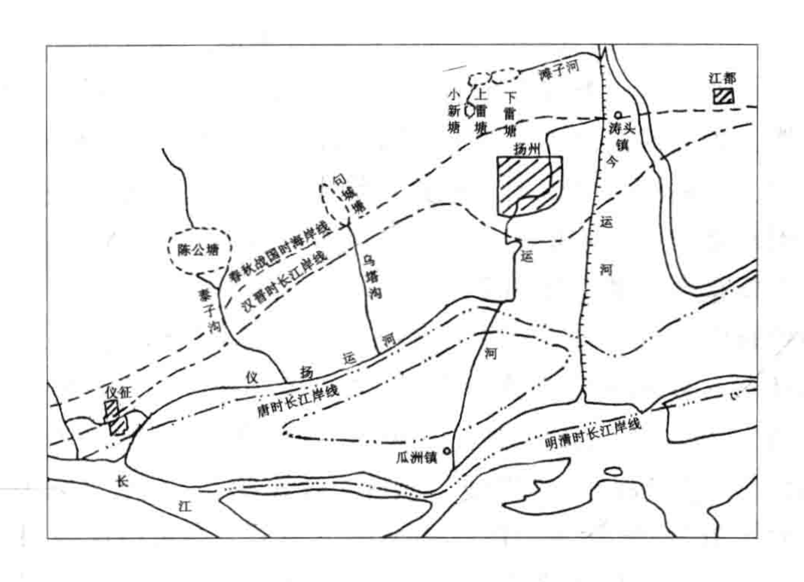


图 3－3－2－1　扬州五塘示意图

特色。

白水塘的位置在“高岗”，地势高，便于自流灌溉。因白水塘的西面今日已沦为洪泽湖，东面又开垦为农田，加上记载又简略，对其位置后人颇有争议，但从以下文献可搞清其位置。北宋《玉平寰宇记》卷一二四在淮阴县下记：“白水塘在县南九十五里……去县百里陂之北岸，更南二十里，陂上有邓艾庙。”同书宝应县下记：“白水陂在县西八十五里，邓艾所立，与盱眙破釜塘相连。”又云：“白水陂……东西长三十五里……邓艾庙在白水陂上。”据此可知白水陂南北宽 25 里，东西长 35 里左右。《天下郡国利病书》卷二六记载，南唐代在淮安县城西南 90 里南店（南甸）处筑有一座大坝。后世称为“唐堰”，这唐堰应是白水塘的大堤。1924 年所测《淮扬徐海平剖面图》[67]称：“北起南甸（今洪泽县东双沟乡境内），直向南到三河北岸的白水塘，它旁边有一村叫塘埂（今洪泽县三河乡东 15 里），白水塘堤南端，东南距衡阳冈约二十里，白水堤当即古塘东界。”故“唐堰”应位于今南甸至塘埂一带。又《读史方舆纪要》卷二三载，南宋嘉定六年（公元 1213 年）当时人谓：“白水塘东至浮图庄，南至褚庙冈，有冈脊大堰，久废不治，若修复之，使高、宝诸河相接，游波所及，使衡阳阜、三角村诸处皆浸淫至城，则形势自张。”又载尤焴称：“塘之西、南二面，皆因冈阜为限，东、北二面，乃古淤平地，筑成塘岸，脚阔十余丈。……此塘本在高冈，决水自高而下，塘下离衡阳阜二十里，三角村诸处三十里。”衡阳阜即今衡阳冈。据以上记载，白水塘的位置：东为南甸至观音寺一线，南为观音寺、褚庙冈一线，北为南甸、周桥马狼冈一线，西面与破釜塘相接。“此塘本在高岗，决水自高而下”[68]，说明塘的选址合理。

白水塘的工程设施完备，有大堤、堰和斗门等。白水塘初建时就应建有大堤，唐代又增建。南宋嘉定六年（公元 1213 年）司徒尤焴为恢复白水塘，作有勘查报告（载《读史方舆纪要》卷二三），对工程设施作了比较具体的记载。白水塘“周百二十里”，在西、南二面利用天然冈阜，不需筑堤，东、北二面是“古淤平地”，筑有大堤，用土筑成，堤底宽十余丈，高约一丈以上。塘的地势较高，筑坝后蓄水位更高，便于自流引水。

白水塘通过修筑多道堰拦截水流。其水源出自盱眙县南之塘山，山溪水自高而



下萦纡40里，流到刘家渡入富陵河。为了拦截山溪水，顺次筑有三堰，一称潭头下堰，二称河喜中堰，三称刘家上堰，下堰至中堰12里，中堰至上堰5里。上堰上面还有螳螂堰，是前代所建，已淹没于塘内。三堰修筑后，40里长的山溪水不再直泄于富陵河，而东汇为白水塘。所筑三堰实际是在河中筑梯级堰坝，级级拦截水，各有渠道引水灌田。《新唐书·地理志五》所载唐代开的徐州泾、青州泾、太府泾、竹子泾等皆是白水塘灌区的灌溉渠道。

白水塘初建时已开有八所水门，分别灌溉塘东和塘西的农田。《元和郡县补志》卷六《淮南道·楚州·宝应县》下称："白水陂在县西八十里，邓艾所作，与盱眙破釜塘相连，开八水门，立屯，溉田万二千顷。"之后，闸涵设置有增加。《天下郡国利病书》卷二六称："唐堰"上设有萧家闸，"盖蓄水以灌塘西之田，西畴水足，而徐灌东田"。乾隆《盱眙县志》卷二称："白水塘在彭城乡，有闸七十二座。"乡民云："日浇万顷不求天。"此72闸可能是闸涵设施，规模较小。

白水塘还与破釜塘相连，增大了灌溉效益。与破釜塘联合运行，不仅增加水量，还能够排泄洪水。白水塘的溢洪大约是通过塘下河道，另外破釜塘水能北入淮，白水塘地势比破釜塘高，洪水也能通过破釜塘排泄。如《读史方舆纪要》卷二二白水塘下载："大业末破釜塘坏，水北入淮，于是白水塘亦阔。"见图3－3－2－2。

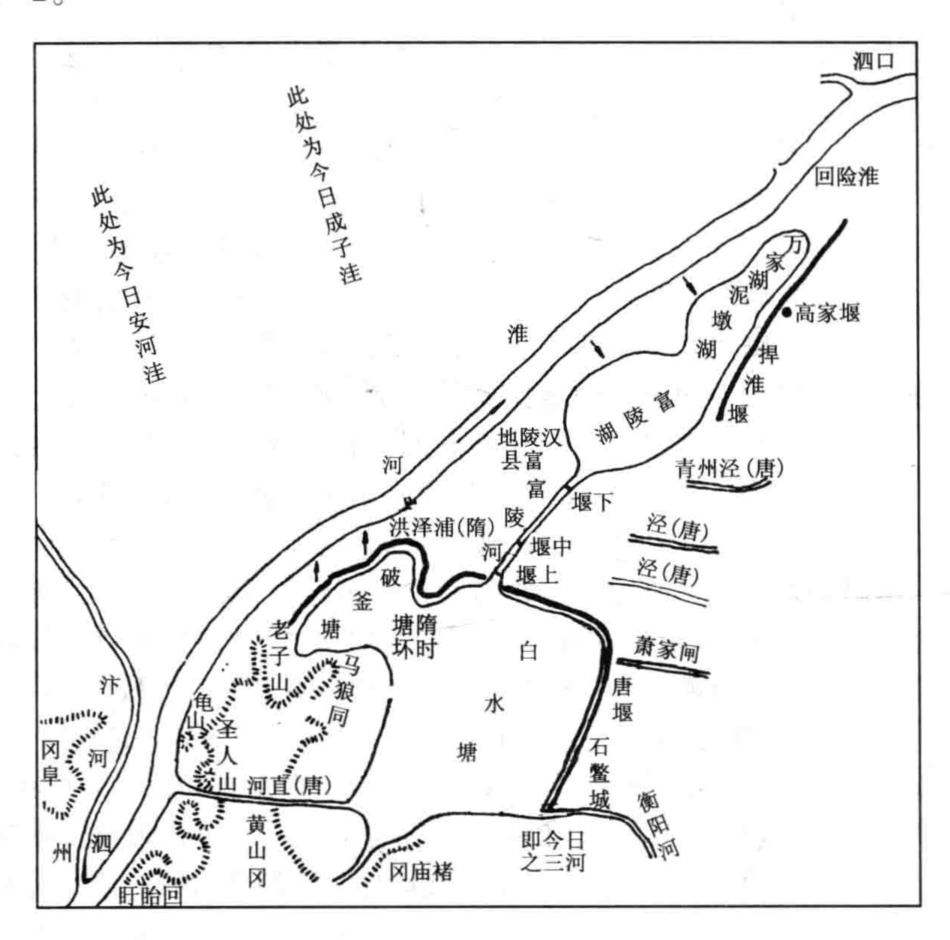


图3－3－2－2　白水塘布置示意图

（据《淮系年表全编·淮系历史分图一》改绘）

可见白水塘充分利用了当地的地形布置大堤、闸涵和拦水堰，并与破釜塘相



连，水源充足，灌排方便，曹魏创建后一直运行至明代。

白水塘的消亡与淮河的变迁有关。今洪泽湖所在属洪泽凹陷的地质构造，隋唐以前，在洪泽湖的湖盆之内，淮河经常泛滥，泥沙沉积形成平原，其中洼地区则积水形成若干湖泊。东汉末广陵太守陈登在右淮河以东修建了长 30 里的高家堰（今洪泽湖大堤北段），以防止淮水向东泛滥，之后形成了淮河右岸的万家湖、泥墩湖、富陵湖、破釜塘等相连的湖群。公元 1194 年后，黄河南徙夺淮，大量泥沙淤积在淮河入海段河床，淮河下泄不畅。明代大筑高家堰，并向南延伸至蒋坝，工程穿过白水塘，于是淮河与右岸的湖泊连为一体，白水塘西部沦入洪泽湖中，东部因长期淤积，湖床与原堤相平，遂被垦为农田。

三、丹阳练湖

练湖在丹阳县“北百二十步”。丹阳地区属太湖湖西高亢平原，地形西北高，东南低，西北分布着宁镇丘陵余脉长山、高骊山等山丘，江南运河由北而南从镇江、丹徒流入县境，经县城东再折向东南进入常州界。练湖未建前，由于山溪水源短流急，夏秋降雨容易暴涨，使丹阳、金坛、延陵（治今丹阳延陵镇）一带良田遭受淹没之害；遇到干旱，水源又易枯竭，农田缺水难以灌溉。

西晋末，利用丹阳城北的洼地，四周筑堤，拦入马林溪水，成为周回 40 里的人工水库，“溉田数百顷”[69]。还使丹阳、金坛，延陵一带八九千顷农田解除了洪水之患。至唐代中叶，练湖济运作用逐渐突出，于是大力整修练湖，工程逐渐完备，以后历代又有浚治活动。从记载可知练湖工程主要有湖堤、闸础、涵洞、溢洪坝等组成，是一个人工控制蓄泄的平原水库，灌溉、济运、防洪效益显著，体现了相当高的技术水平。

水源：为长山、高骊、马鞍诸山的山溪水，史称有 84 条之多，这些山水汇入马林溪，由马林溪再流到练湖。练湖汇集 225 平方公里流域面积之水，蓄水量超过两千万立方米。

湖堤：环湖四周筑堤，以滞蓄山水。湖堤以土筑成，其长度文献记载不一致。唐《元和郡县志》卷二五称“周回四十里”。唐李华《润州丹阳县复练塘颂》（《全唐文》卷三一四）文中称：唐代大族强家为侵占练湖，在湖中筑一横堤，分湖为上下两部分，永泰元年（公元 765 年）经润州刺史韦损开浚，将原来幅员 40 里之湖，扩为 80 里。《新唐书・地理志五》亦称“练塘周八十里”。但宋以后文献基本上都称湖周长为 40 里，且湖中筑有横埂，分为上下两湖。南宋绍兴年间（公元 1131 ~ 1162 年）划定湖界范围：东至北冈运河为界，西至彭城双庙为界，南至丹阳辰溪为界，北至丹徒华村龙头冈为界[70]。

湖堤高度：明代才有记载，建文中（公元 1399 ~ 1402 年）称堤高为 8.5 尺，面阔 1 丈[71]，估计基宽四丈左右。清代定堤高为一丈二尺[72]。虽然历代以来湖底在逐渐淤高，但湖堤亦相应加高，故相对堤身断面变化不大，历代堤高应在一丈左右。

练湖面积：据清代记载，康熙三十二年（公元 1693 年）上练湖全部开垦后报升科田共有 5982 亩[73]，下练湖据康熙末贺宽《湖心亭记》[74]有 1.1 万余亩，即上下湖总面积近 1.7 万亩（未包括河道面积）。又据国营练湖农场资料及县图分析，



上练湖总面积为 8 500 亩，下练湖总面积 12 300 亩，上下湖总面积为 2 万余亩，周长 20 公里[75]。

闸础：即闸门（亦称斗门）和石础，设于湖的东堤及中堤上。石础是溢流堰，即石砌的滚水坝。练湖中埂上的闸础可泄放上湖涨水入下湖，东堤上的闸础可放湖水济运。唐代湖堤上设有斗门四所[76]，控制蓄水泄水。宋代淳熙间（公元 1174 ~ 1189 年）有斗门五，石础三[77]。其中中埂上有二斗门一石础，东堤上有三斗门二石础。明代时着力修建东堤上三斗门，亦称上、中、下三闸。清代中埂上有三闸，康熙时上湖被垦为田，三闸亦随之损废。这时期下湖东堤建有四闸，闸座宽二丈至四丈不等，另建有滚水坝 2 ~ 3 座。

涵洞：设于湖的西堤，以灌溉农田。宋代至明代皆设有 13 涵口。《京口山水志》载有 13 涵的名称。清代设有头涵至九涵，但第三涵有新旧两涵，实为十涵。据清曹蓼莪《详定放水碑》[78]载：涵洞旧制高广各二尺，其下各有渠道通到农田，用水规则为："计田用水，按时收放，涵按旧制，不得更张改式。"放水时刻各涵通例计纳粮田四千亩放水一昼夜。

溢洪坝：设于马林溪入湖口的东侧，称为黄金坝，洪水位超过一定高度时即通过黄金坝排入范家沟，再流入运河，以保湖水不漫溢。清代改坝为闸，称为黄金闸，加强了人工控制。

练湖在长期的运行中废复修浚频繁，具体的工程数量有变化，但工程的基本格局如上所述。练湖从唐代中期后布置采用两级湖的形式，这是灵活地利用了当地的地形地势。因上练湖高于下练湖数尺，下练湖又高于运河数尺，而练湖湖形面丰而北削，采用两级湖的布置可节省大量的湖堤工程量，又保持相当的蓄水量，便于人们按需要控制蓄泄，灌溉和济运皆能自流，很是方便。明万历十三年（公元 1585 年）镇江知府吴扮谦曾说：练湖"周回四十余里，分上下二湖，界以中埂，见有石闸三座，盖引上湖之水，以渐达于下湖；更有石闸三座，石础一座，则引下湖之水以渐达之运河；又有涵洞一十二处，则引上下湖之水，以达之田间。涵洞以时启闭，则民间之旱涝无虞，闸座以时启闭，则运河之蓄泄有备"[79]。对练湖工程布置的特点和作用，作了较清楚的述说。见下页图 3－3－2－3。

练湖自西晋末建成至唐前期，其功用以灌溉农田为主。唐中期以后开始济运，济运效果显著，有"湖水放一寸，河水涨一尺"[76]之语。宋元以后江潮进入运河水量更加减弱，于是"镇河运河全藉练湖之水为上源"（《元史·河渠志二》）。宋代在丹阳南置吕城、奔牛二闸，北面置丹徒闸，加上原有的京口闸，可与练湖联合运行。夏秋水发，则闭湖闸蓄水，冬春水涸，下闭奔牛、吕城闸，使不下泻。而江口京口闸、丹徒闸，潮来则启板进潮，潮落则下板蓄水，如有不足，则启湖闸放水入河以济运。以后各朝代除运河上堰闸数量和位置有所变动外，与练湖联合运行的方式基本不变。

宋、元、明代练湖皆设有专官和人夫进行维护修筑，管理制度严格，使练湖得以长期运行。然而天长日久，练湖逐渐趋于萎缩。原因：一是泥沙的淤积。尤其是清代，练湖上游山丘区大量开垦，水土流失严重，致使练湖淤积加快。20 世纪 80 年代，因兴修水利，练湖农场从高程 7.2 米下挖至 1.7 米时，发现一层荷叶遗迹，说明



图 3-3-2-3 练湖图

（采自清黎世序《练湖志》）

1690 年来，湖底淤高达 5.5 米[75]。泥沙的淤积促使了练湖的消亡。二是大量围湖为田。唐代已有豪强占湖为田的现象，以后历代私垦不断。清康熙十九年（公元 1680 年）应士绅的请求，决定将上湖召民佃种，下湖仍留蓄水，然下练湖也日见湮塞，报垦日多。三是济运职能的消减。清代咸丰后漕粮多由海道运京，光绪末京沪铁路又建成，运河运输渐失去重要地位，练湖不再起济运作用，故不重视管理维修，淤浅湮塞严重。光绪十七年（公元 1891 年）为避免举行大工，采用“以河代湖”的方案，在下练湖西侧开引河一道，沟通上练湖中心港，又从引河开支港九条与湖堤上九涵洞相接，干旱时通过引河支港灌溉田禾[80]。1947 年底，由地方人士组织浚垦委员会筹办开垦练湖，定名为“练湖合作农场”。解放后，采用现代水利技术解决了当地泄洪、灌溉及运河水源问题，练湖遂开辟成农、副、工综合经营的国营农场。练湖虽然从原野上消失了，但它在水利史上仍有着光辉的地位。

四、余杭南湖

南湖位于浙江省旧余杭县城（今临安县余杭镇）的南侧。创建于东汉熹平二年（公元 173 年），由余杭县令陈浑主持建成，是太湖流域兴建最早，规模较大的陂塘蓄水工程。唐代以后修建工程不断，工程技术也渐有提高。



余杭西、南、北三面环山，地势高峻，东面地势平衍，与杭嘉湖平原相连。南苕溪流经余杭县城南，“苕溪自天目乘高而下，是地平衍，首当其冲”。山洪对余杭构成很大的威胁，并以建瓴之势泛滥于余杭以下的广大平原；而山洪过后，遇久晴不雨，即溪涸流断，酿成旱灾。南湖建成后能拦蓄山洪，分杀盛涨，蓄水以灌溉农田千余顷，是一座具有综合效益的水库。南湖的布置是利用天目余脉凤凰山麓的开阔谷地，从西南隅山脚绕向东北，修筑一条弧形长堤，围成一个大面积的蓄水陂湖。早期湖的四周界址：“东至安乐山，西至洞霄宫，南至双白，北至苕溪。”[81]由于地势西略高于东，根据这一特点，又以鳝鱼港为界，在湖中自南而北筑一隔堤，将湖分为两部分，西为上湖，东为下湖，上湖周长 32 里 28 步，下湖周长 34 里 181 步[82]。上湖面积约 6 700 亩，下湖面积 7 000 亩，上下湖合计总面积 1.37 万余亩[81]。见图 3－3－2－4。

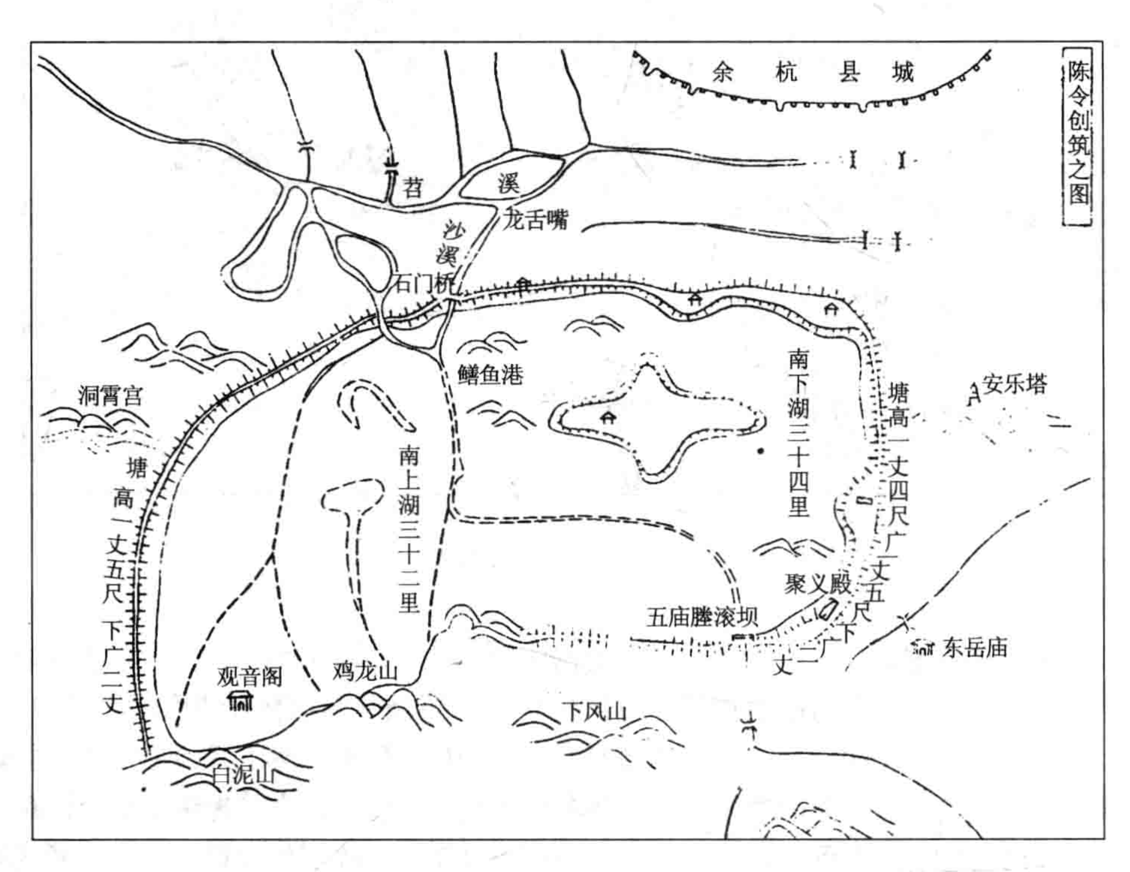


图 3－3－2－4　古南湖示意图

（据明陈幼学《南湖考》）

南湖工程主要有湖堤、进水口、溢洪道、涵闸等建筑物组成。

湖堤：又称湖塘，环绕在湖的东、北两面。巨大的蓄水靠湖堤拦蓄。余杭地势高于杭州约“百尺有余”，如南湖堤岸溃决，则湖水“崩奔于杭而泛滥于嘉湖矣”[83]。所以历代重视对湖堤的维护。湖堤的规格，宋咸淳《临安志》卷三四才始有记载：南湖上、下湖塘高均为一丈四尺，上广一丈五尺，下广二丈五尺。堤坡很陡，坡度呈 1∶0.357。明清时湖堤高、宽皆有很大增加。明万历年间，余杭县令戴日强撰《浚湖筑塘图说》[84]，称他主持整修的 30 余里湖堤，“塘高四丈，阔五丈，视昔之塘盖三倍之”。清道光《浙西水利备考》称：“南湖东北筑有塘堤，



高四丈四尺，面广五丈，底广十丈。”

南湖的隔堤，后人认为筑于东汉陈浑创建南湖时，但记载见于《新唐书·地理志五》。隔堤起着“隔护湖水”的作用，可削弱风浪对潮塘的冲击。明代嘉靖中上湖湮废，全部占垦为田，到万历三十七年（公元1609年）疏治南下湖，竖界石八座确定湖界，“以三官庙为东界，下凤山为南界，鳝鱼港为西界，石凉亭为北界，东岳庙为东南界，三贤祠为东北界，荒荡为西南界，石门桥为西北界”。湖面积约为7 420亩。又在“湖中筑十字长堤，堤上莳桑万株，一便固堤，一便召佃，充五年一小浚，十年一大浚之需”。十字堤将下湖分作四井，“藉以分杀南苕之暴涨”[84]。十字堤用浚湖淤泥筑成，既解决了淤泥的堆积问题，又能削弱暴洪的冲力，起到保护湖塘的作用；堤上植桑，既有护堤作用，收入又可解决浚湖的经费。湖中修筑隔堤是南湖工程的一大特色。

进水口工程：包括龙舌嘴、沙溪和石门函三部分。龙舌嘴位于湖西北面南苕溪的面侧，位置偏向下游，没有直对南苕溪的流向，这样，可以避开山洪的急流顶冲。龙舌嘴到南湖之间的进水渠叫“沙溪”，长约二里左右，其布置的特点是顺势弯曲，延长渠线，缓和流速，再引流入湖。溪水入湖处用块石砌筑，叫做“石门函”，是溪水入湖的咽喉，块石砌筑后，断面固定，可以起一定的控制入湖流量的作用，同时抗冲刷能力增强。龙舌嘴、沙溪和石门函组成一个完整的进水工程，石门函始建时就具有。从明代陈幼学《南湖考》中所绘图来看，原来上湖也有从南苕溪分出的溪沟引水入湖，上湖湮废后，就仅剩下沙溪引水入湖了。这些溪沟可能是利用天然河道加以整治利用的，体现了工程建筑者因地制宜的设计思想。清光绪十六年（公元1890年），将石门函改建为五孔石闸，以便更好地控制蓄泄。

溢洪道：位于湖的东南角，称为“五亩塍”，是一座溢洪滚坝。五亩塍总长995尺，其西段500尺，坝高五尺；东段495尺，坝高六尺。坝分为高低两级，北宋成无玷《南湖水利记》[82]已有记载，“湖水过五尺，则盘塍北空处以流（即从五尺坝处溢流）；过六尺，则盘塍以流。水之流塍不止五尺，溪流平，则五尺之水复自石门函还纳于溪”。修建成高低两级的溢洪坝，这也是南湖工程的一项特色，这种形式的溢洪坝抬高了水库的调洪能力，且“湖水盘塍者势缓，不为东乡及南渠河病”。过堰的单宽流量相对较小，对下游冲刷减弱。五亩塍还具有自动调节湖中水量的作用，水流塍下达五尺高时，水反从石门函回纳于苕溪。

五亩塍滚坝高低标准的确定是颇讲究的。清人宋士吉《增南湖五亩塍辅坝记》[83]称：“夫坝砥汹涌于下趋，似宜高，然稍高，则东南有徐流之利，西北受泛滥之灾矣；引洪流于上泄，似宜低，然稍低，则西北获安澜之居，东南被冲激之害矣。乃兹坝之准也，酌其高下，量其盈缩，使水来有年潴，潴不至于溢；去有所流，流不至于涌。昔谓其如璇玑玉衡，累黍不差，每春夏水涨时验之，良然。”说明筑五亩塍时对水文规律有清楚的了解，其高度既考虑到下游河流的允许泄量，不至于造成洪水泛滥，同时考虑上游库容的蓄水量，不会造成满溢，扩大淹没的范围。体现了上下游兼顾，统筹安排的全局观念。

五亩塍构筑牢固。坝址选择在土质坚硬的凤凰山北麓，坝基用长木桩打入，然后以整齐方正的大块石砌筑，是一座砌石溢流坝。当湖水水位超过坝的高度时，即



自动溢流，泄于南渠河，下注塘河，流 45 里入于杭州城北的运河；其北出支流为黄母港，流 12 里仍与苕溪相会合，达湖州入太湖。明代南湖淤浅，水易泛滥，不再盘绕五亩塍宣泄。嘉靖十八年（公元 1539 年）县令陈天贵就塍中筑设滚坝，加高五亩塍，以使湖水从滚坝泻出。“滚坝上下阔均为二丈二尺，高一丈二尺，长共六丈二尺。”[85]清康熙元年知县宋士吉因见滚坝木石渐以朽圮，于滚坝上更襄筑辅坝，以护滚坝，广袤高下与滚坝同，所筑也是桩木砌石坝[86]。

涵闸：控制蓄泄，称为“西涵”。南湖早期建的西涵置于五亩塍北支黄母港 12 里处（该处与苕溪会），以后湮废，唐代归珧因旧址重修[87]。其工程包括在苕溪上修的石埭和在黄母港建的涵闸。石埭用以节制溪流，涵闸控制灌排，互相配合。北宋宣和四年（公元 1122 年）中，大修西涵，增高加厚两岸堤防，当时用石工 970，小工 16 300，缗钱 43 万，可见规模不小。其运作方式：“溪流方涨则闭，以固东乡之田，俟其稍落则启涵，以走渠港之潦。……若旱暵，开涵以灌溉千余顷膏腴。永无水旱，号为沃壤。”[88]解除了余杭东乡一带潦旱之灾，使十余万亩农田成为旱涝保收的沃壤。

明代万历时又重修西涵，改名汤公瀍。其时，又在北堤石凉亭之西增设燕子窝涵洞，宽 0.78 米，高 0.9 米，输水入竹木河，扩大了灌溉效益。

从上可见南湖规划布置合理，建筑物配套齐全，构成一个有机结合的整体。清人王凤生《浙西水利备考·余杭县水道图说》称，南湖工程“蓄泄之法已极得宜”。能很好地起到调蓄山洪，潴水灌溉的功能。

新中国成立后，全面整治南湖，对湖堤普遍培修加高，将进水口和溢洪滚坝改建为现代化涵闸，控制更加灵活。还在南湖上游建青山水库，与南湖联合运行，更好地肩负防洪抗旱的任务。

五、杭州西湖

西湖，古名明圣湖，唐代称钱塘湖，又名上湖[89]。因隋、唐后湖在杭州城西，故别称西湖[90]。西湖的南、西、北三面环山，东面是冲积平原。它本来是一个泻湖，随着平原向东扩展，及杭州城的发展，为解决城市用水等问题，人们通过修建工程将其改造为人工控制蓄泄的湖泊，特别是唐代经李泌、白居易相继整修后，工程建筑配套完整，对西湖水利资源进行了全面的开发。

唐代西湖工程由湖堤、涵洞、管道、渠道和溢洪道等组成，白居易所撰《钱塘湖石记》[91]有较详细的记载。

湖堤：是西湖蓄水的主体工程。西湖水源来自湖西武林诸山水和泉水，水源较丰富。为隔断咸潮，东汉初已筑有从今清波门至钱塘门的湖堤，以后又向南北延伸。白居易对湖堤进行增高培厚，“修筑河（湖）堤，高加数尺，水亦随加，即不啻足矣”。又筑下湖堤，由石涵桥北至余杭门（今武林门）的堤，人称为白公堤[92]。由于西湖三面环山，惟东面地势低平，所以湖堤虽增高不多，但蓄水量有明显增加。形成的湖“周围三十里”，湖面大于今日湖面。

涵洞：称为“石函”。“北有石函，南有笕”，都是引水设施。石函位于湖的北面，用条石砌筑，有闸门控制启闭。湖水通过石函引入上塘河。上塘河（即江南运河的南段）为钱塘湖灌区的输水主干渠，下有支渠灌溉钱塘（今杭州市）、盐官



（今海宁县盐官镇）等县农田千余顷。

管道和阴窦：管道当时叫“筧”，是用毛竹去节联结而成的地下输水管道，布设于湖的南面，引湖水入城内六井[93]。又沿湖作六穴，穴即阴窦，作为引水口，下与筧相连，引水入城内六井。此处“井”即为水池。北宋元祐五年（公元1090年）知杭州苏轼，见引水管道“以竹为管，易改废坏”，于是改用瓦筒，盛以石槽，再用砖石砌护，使“底盖坚厚，锢捍周密，水既足用，永无坏理”[94]。将竹管改为瓦管，并修以砖石支座，这样引水管道不易朽败，在技术上有了很大改进。

溢洪道：叫做“缺岸”，在筧之南，以泄暴雨涨水。缺岸的高度设置有讲究，当水高于石函口一尺时，缺岸开始泄洪。当洪水过大，缺岸排泄不及时，还打开石函、竹筧口闸门，共同泄洪，以防堤岸溃决。由于钱塘湖的地势西南一带为山丘环抱，东北地势平坦，雨季山地径流自西南向东北流注，所以“缺岸”布设在湖的南面。这样布置一是因靠近丘陵，地质条件好，不易被冲毁；二是山地来水一进入湖内便很快泄出，避免奔泻东北，冲啮湖堤。见图3-3-2-5。

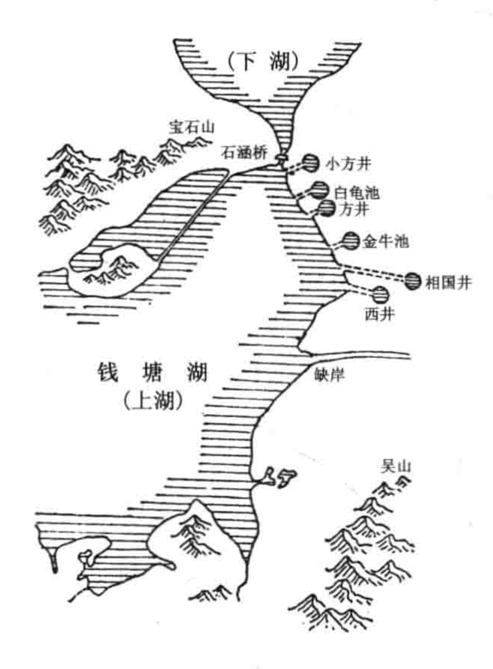


图3-3-2-5　钱塘湖布置示意图

自唐代长庆年间，白居易对钱塘湖进行改造，修建一系列的建筑物后，能做到蓄、泄、引、灌调控自如，效能大为提高，不仅继续满足了杭州居民的用水，还增加了灌溉的效能。“凡放水溉田，每减一寸可溉十五余顷；每一复时（一昼夜），可溉五十余顷”。如及时放水溉田，湖下千顷农田，可无凶年。钱塘湖还与北面的下湖、盐官临平湖联合运行，如天气干旱，“脱或不足，即更决临平湖添注官河，又有余矣”，灌溉保证率得以提高。另外唐代江南运河水源虽然取自钱塘江，但当水源不足运河干浅时，“以湖水添注，可以立通舟船”。由于运河“月纳潮水，沙泥浑浊，一汛一淤”，极易淤塞，五代钱镠在运口置二堰，隔绝江水，不放入城，使城中诸河专用西湖之水，解决了运河的淤塞问题。北宋前期因疏于浚治，西湖淤浅严重，水量不足，运河只能又取钱塘江潮水为源，造成城中河道严重淤积。经元祐时苏轼大力组织西湖的清淤除葑，西湖又恢复了济运的功效。西湖水还供给造酒用水。北宋时杭州的造酒业是政府的一项重要财政收入，其“酒务甲天下”。到南宋时，政府“财用之源，实出酒税”[95]。南宋时还加强了西湖的风景建设。这时西湖的综合利用效益达到极盛。

唐代时白居易还对西湖水利制定了一套管理制度，以充分发挥工程的效益，减少用水矛盾，说明当时西湖的水利管理也趋向成熟。

元明清时多次对西湖进行维修疏浚，西湖继续发挥着综合利用的功能。但由于环湖诸山泥沙流入湖中沉积，加上围垦挤占，湖面逐渐缩小。同治十二年（公元1873年），实际丈量“通计积湖面五十四万三百八十九丈方”[96]。大致形成今西湖的规模（今西湖面积约5.6平方公里，等于50.4万平方丈）。西湖在解放后经过



整治，成为世界闻名的游览胜地。

六、鄞县东钱湖

东钱湖，位于鄞县东南部，距宁波市东南 30 里。湖东、南两面傍山，西北毗邻平原。今东西宽 6.5 公里，南北长 8.5 公里，环湖周长 45 公里，湖面积 19.89 平方公里，为多年调节水库，是浙江省最大的淡水湖泊。

东钱湖原是全新世末期形成的海迹湖。西晋时已有记载。唐宋时通过修筑工程，扩大湖面，湖周达 80 里，成为受人工控制蓄泄的水库，灌溉效益显著，鄞东平原有 50 万亩农田受其之惠。

东钱湖的工程布置充分利用了当地优越的自然条件，它地处山麓前沿，丘陵环绕成盆洼地形，西、北地势渐低，径流从缺口处流出。这样的地形修筑水库好处甚多。一是来水丰富稳定，集环湖诸山之水，史称有 72 条之多，集雨面积达 81 平方公里。二是在原有的湖洼地上建库，淹没的土地相对来说较少。三是工程量大为节省，湖堤只需将西北部的几个山间缺口堵塞。四是蓄泄方便。地形呈“山高于田，田高于海”的态势，排泄山区洪水方便，灌溉农田实行自流，充分体现了东钱湖工程布置的巧妙和合理性。见下页图 3－3－2－6。

东钱湖的主要工程设施有湖塘、堰坝、碶闸、湫阙等，颇具有自己的技术特色。

湖塘：修筑于湖西、北部的几个山间缺口处。唐代天宝三年（公元 744 年）鄮县令陆南金创建，史称“因山形有不合处筑为长短塘”[97]。这样修筑湖堤，工程量既省，而且湖堤两端连接丘阜，牢固性更好。历代至今共筑湖堤 11 条[98]：（1）高湫塘，位于湖西部偏南，长 819 米，高 2.07 米，砂石结构，迎水面垂直，块石护砌。（2）方家塘，在湖西，长 893 米，高 2.45 米，砂石结构，迎水面垂直，块石砌筑。（3）湖里塘（亦称五里塘），自下虹桥至上虹桥，长 1192 米，高 1.87 米，土石结构，迎水面条石砌筑。（4）湖心塘（亦称分湖塘），从大公至沙家山，长 1 700 米，1976 年以疏浚东钱湖为目的而兴建，塘体为黏土心墙堆石体填筑，塘高 2.8 米左右。（5）钱堰塘，在湖之北钱堰村，长 24.64 米，阔 8 米。（6）莫枝堰塘，在湖西北莫枝镇，长 103 米，阔 18 米。（7）平水堰塘，在湖西北莫枝镇，长 13.44 米，阔 8 米。（8）大堰塘，在湖之西大堰头，长 26.67 米，阔 15 米。（9）梅湖塘，在湖北青山村，共长 515.68 米。（10）栗木塘，在湖北东吴乡，长 153.6 米，阔 6.4 米。（11）偃月堤，在梅湖之北捣臼湾，民国三年（公元 1914 年）浚梅湖时淤泥堆积而成。1960 年梅湖废后，梅湖塘、栗木堰、偃月堤已失去堵蓄湖水的作用。

堰坝：分别在湖堤上设堰坝七座，乾道《四明图经》卷二称：七堰为钱堰、大堰、莫枝堰、高湫堰、栗木堰、平湖堰（平水堰）、梅湖堰。唐代初建时堰坝为桩木土石坝，宋代改用条石砌筑，连坡较缓，在 1:4 ~ 1:5 之间。堰的作用，平时堵蓄湖水，堰上过船，洪水时做溢流堰。高湫堰、平湖堰、莫枝堰上设有船堰。过船堰顶的形式有两种：一为车堰，堰身较狭，两旁设辘轳人工运转，拽船过堰；一为磨堰，堰身较阔，上下游斜坡较平缓，用人力交错磨盘而上。这两种过船的堰属于斜面升船设施，很具有当地的特色。



图 3－3－2－6　东钱湖图

（采自《鄞县水利志》）

碶闸：即水闸，建在堰坝旁。有四座，即大堰碶、莫枝堰碶、钱堰碶和梅湖堰碶[99]。《宋史·河渠志七》已记载东钱湖有“四闸七堰”，宝庆《四明志》卷一二称，嘉祐中始置碶闸。梅湖碶今已废，20 世纪 60 年代建大堰新碶，1971 年建郭家峙碶。碶闸平时作引水闸，汛期打开加速排洪。

湫阙：是设置在塘中间或两端的放水缺口，阙底较碶闸底为高，设置插板。民国《鄞县通志·舆地志已编》记载旧有八阙，即高湫塘湫阙、方家塘湫阙、平水堰湫阙、钱堰塘湫阙、莫枝堰西堰塘湫阙、高湫塘南迎旭庵附近湫阙、栗木塘北湫阙等。建国后进行改建，称小斗门，共计 11 座。

清代道光二十八年（公元 1848 年）周道遵《甬上水利志》卷三载有东钱湖石塘、石堰、碶等的长、阔尺寸，见下页表 3－3－2－1。

表 3-3-2-1　　　清代东钱湖工程尺寸表

堰塘名	位　置	石　塘		石　堰		碶		小斗门闸
		长	阔	长	阔	长	阔	
钱堰	鄞县东南 30 里老界乡	3 丈 5 尺	5 尺	1 丈 5 尺	1 丈 4 尺	1 丈 5 尺	1 丈 4 尺	
五里塘（别名梅湖）	在钱堰之东							
梅湖堰	鄞县东南 35 里阳堂乡	33 丈	3 丈	3 丈 7 尺	2 丈 1 尺	1 丈 2 尺	1 丈 3 尺	长 1 丈阔 3 尺
栗木堰	鄞县东南 35 里阳堂乡			10 丈 5 尺	5 尺			
莫枝堰（木槠堰）	鄞县东南 36 里翔凤乡	5 丈	5 尺	5 丈	5 丈	1 丈 6 尺	1 丈 2 尺	
平水堰（平湖堰）	鄞县东南 36 里翔凤乡	4 丈 2 尺	5 尺	6 丈	5 丈			
大堰碶	鄞县东南 37 里翔凤乡	10 丈	4 尺	6 丈	5 丈	1 丈 6 尺	1 丈 4 尺	
高湫堰	鄞县东南 38 里翔凤乡	40 丈	8 尺	5 丈	2 丈			
方家湖塘	翔凤乡十四、五都界	350 丈	2 丈					

可见东钱湖工程的总规模量大。东钱湖把塘堤、堰坝和碶，合理地组合布置，构筑坚固，从而可以达到灌溉、过船、溢洪等多方面的效用。

东钱湖引出的湖水通过干河中塘河、前塘河、后塘河、小浃江等分注到鄞东平原水网，灌溉农田，汛期泄水可排入奉化江或甬江。“四碶”下注水路流经如下：(1) 莫枝堰碶下注之水入中塘河，一路经杨树桥迤北为鹅颈汇；一路西折至横石桥与前塘河会合，尾闾之水经四眼碶桥由大石碶入奉化江。(2) 大堰碶下注之水入长山港，经观音庄、前徐分二路：一路北沿前塘河至横石桥与中塘河会合；一路折向西南，经云龙碶至奉化白杜。以上二路尾闾之水，排入奉化江。(3) 钱堰碶北注之水，一路经后塘河，从杨木碶入甬江；一路经五乡、姜家陇由梅墟碶、潭头河碶入甬江。(4) 梅湖碶水北注鹿山，一路经东吴、小白、五乡，由小浃江入甬江；一路自五乡北分注梅墟、龙山诸渠，于小港旁出楼家碶；另一路西流经后塘河出道士堰碶、大石碶。这一完整的河网大体在宋代以后逐步形成。清雍正《浙江通志》卷五六引《水利图经》说：东钱湖“大都湖高于河，开碶下注可满三河半，鄞东七乡之田尽资灌溉，奉定亦沾其利。”

东钱湖自唐天宝三年（公元 744 年）创建，迄今已有 1 200 多年的历史，湖的面貌和工程布置基本保持下来。现今工程经过加固维修，效益更加扩大，总库容达 4 429 万立方米，兴利库容 3 778 万立方米，年可供水量 3 893 万立方米，灌溉农田 36.98 万亩，并担负向宁波市供水任务，继续发挥着湖泊的综合功能。

七、滇池水利

滇池，位于今云南昆明市西南，古称滇南泽，又名昆明湖。《后汉书·西南夷



传》称："有池，周回二百余里，水源深广，而末更浅狭，有似倒流，故谓之滇池。"面积广309平方公里，是长江上游最大的湖泊。它承纳盘龙江等数十条河川的来水，集水面积约3 000平方公里。湖水从西南部的海口宣泄入普渡河（上段称海口河，中段称螳螂川），再注入金沙江。

西汉时滇池地区陂池水利已有开发。南诏时期灌溉水利又有发展。到了宋代滇池地区属大理国，当时在盘龙江的中、下游地区兴修水利工程，开有金稜河（即金汁河）和银稜河（即银汁河），既引水灌溉，又起分洪作用。倪蜕《滇云历年传》说："康定元年（公元1040年）……段素兴广营宫室于东京（今昆明市南区一带），筑春登、云津二堤。有绕道金稜、萦城银稜之目。"其下又注释说："春登，今东门外里名，金汁河之所经，则春登堤，金汁河堤也；云津河，即盘龙江，则云津堤乃盘龙江堤也。此二堤捍御蓄泄、灌溉滋益大有殊功。"当时还"筑土各为二堰于河之要处，障其流以溉田，凡数十万亩"[100]。

元代统一全国后，为巩固西南边陲的统治，注意发展当地的农业生产，开始系统地治理滇池水利。滇池上游来水量大，尤其是盘龙江出山进入昆明坝子以后，流速减缓，泥沙易淤积，河道宣泄不畅，洪水时泛滥成灾；滇池下游泄水仅有一条海口河，排洪困难，亦易发生洪灾。至元十年（公元1273年），张立道任大理等处"巡行劝农使"，次年赛典赤·赡思丁任云南平章政事，共同主持兴修滇池水利。工程措施：一是在上游盘龙江上修筑松华坝，控制蓄泄。至元十三年开始兴筑，大坝选址讲究，筑在凤岭、莲峰二山之间的最窄处，基岩为坚硬的玄武岩，有利于节省工程量和构造牢固。坝上设有闸门[101]。洪水来时关闭蓄水，以消减昆明地区的洪涝；旱时开闸泄水，以灌溉农田。见图3-3-2-7。二是在中游扩建疏浚金汁、银汁、马料、宝象、海源、盘龙六条河道分洪，又修复数里长的堤防，防大水泛滥，在河道上修建许多闸涵，以便蓄泄。如金汁河，"埂宽一丈二尺为度。上二十里，宽一丈六尺。造小闸十座，涵洞三百六十条，轮序放水，自上润下灌溉全滇"[102]。为了减轻洪患威胁，开分水支河12条，于河下又开地河（地下暗沟）72条，作为六河的辅助设施。《滇云历年传》卷四称："赡思丁经划水利，创筑松华坝，分盘龙江水入金汁河，并修宝象、马料、海源、银汁合为六河，均用闸座蓄泄，灌溉万顷，军民感之。"取得了很好的效益。三是疏浚下游出水口和河道。如开挖海口、石龙坝至龙王庙一带的淤淀，清除安宁境内的几处险滩，疏浚普渡河道，降低了滇池的水位。《元史》卷一六七《张立道传》称："昆明池，介碧鸡、金马之间，环五百余里，夏潦暴至，必冒城郭。立道求泉源所自出，役丁夫二千人治之，泄其水，得壤地万余顷，皆为良田。"当时治理滇池，作了全面的规划，从上、中、下游进行了较大规模的治理，减轻了汛期的水患。干旱时又能开闸灌溉大片的农田。此外，还订立水利管理制度，"轮序放水，自上润下，额定三百六十匹报马，三百六十名看水丁，倘遇崩倒

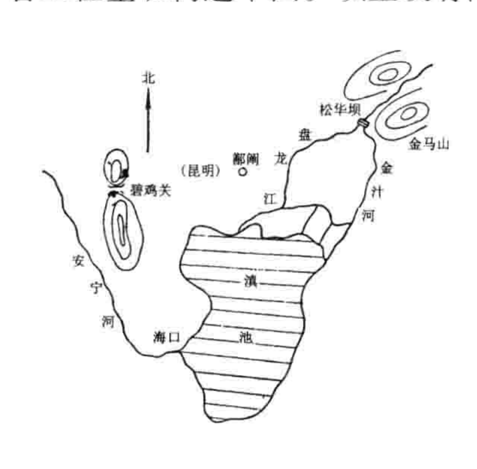


图3-3-2-7　松华坝位置示意图

水浸，即时飞报上司，齐集乡民挑补修筑，不容怠缓”[102]。取得了较高的治理滇池的技术成就。

第三节　陂塘工程和修筑管理技术的进步

一、陂塘工程技术的进步

隋唐宋元时期，南方大、中、小型陂塘堰坝大量修筑，在工程技术上取得不少进步，主要表现在以下方面。

（一）在陂坝的类型上有发展

除普遍修建土坝外，还筑有土石混合坝。如东钱湖的湖堤，有的堤段临水面用条石砌筑，背水面夯筑土体，成非溢流挡水坝[98]。这种坝型能很好地抵御风浪的冲击，及防止湖水的渗漏。另外，还出现了浆砌河卵石坝。如宋嘉祐二年（公元1057年）在福建莆田建太平陂，陂址位于荻芦溪中游，利用荻芦溪两岸山崖陡峭和河中礁石林立的地形作深砌卵石坝，坝用河卵石浆砌成，坝顶滚水，至今存在，高4米，长92米[103]。

（二）陂塘建筑物的配套设置更加完备和进步

唐宋时期对原有的湖泊普遍进行全面的整治，对蓄水的主体工程湖堤大力加以增筑加固，修筑频繁。如芍陂、白水塘、扬州五塘、丹阳练湖、余杭南湖、杭州西湖、鄞县东钱湖等多次整治，改建完善工程建筑物，工程技术大为提高。丹阳练湖从宋代至清共浚治37次，其中宋代9次，元代4次，明代14次，清代10次，每次浚治重点是增筑湖堤，维护斗门堰涵。

这一时期建闸技术又有进步。如安徽寿县的芍陂，隋代水门由5门增为36门，此时已不是以往草土结构的堰坝，而应建成真正可启闭的闸门，灌溉排泄更为方便。浙江鄞县东钱湖，宋代嘉祐中在湖堤上修筑四碶闸，大约为钱堰碶，平水堰碶、高湫堰碶和梅湖堰碶[104]。据后代状况推测，当时各闸约应筑在岩基上，用条石砌筑，构筑牢固，形式划一。闸门为木结构平板闸门。闸左右立平水石，作为放水标准。闸旁建堰，堰顶及上下游均用长条石铺成斜坡，作为船只过道，洪水时又可泄洪。水闸与堰构筑在一起运行管理方便。就是小型陂堰，放水设施也是必备的。《王祯农书·农桑通诀集之三》称：“若沟渠陂竭，上置水闸，以备启闭；若塘堰之水，必置涵窦，以便通泄。”

陂湖溢洪道的技术也有提高，不仅建有河岸式溢洪道，还把挡水与泄洪结合起来，从坝面泄洪。如扬州陈公塘在大坝两端的山凹开凿水湫溢洪，坝上还建石础[105]，用石砌成溢流段，汛期水湫和石础同时起泄洪作用。余杭南湖五亩塍虽然在东汉陈浑创建已设置，估计设施较简，只是南湖东南五亩之地筑塍泄水。唐宋时五亩塍筑成桩木砌石溢流坝，分南北高低两段，南高五尺，北高六尺[106]，提高了南湖的调节能力。小型拦截溪流的堰坝多修筑成堆石坝，汛期洪水从坝上泄流。如唐代天宝年间（公元742年）在今福建福清建成的天宝陂，灌田1.36万亩，拦水坝系河卵石堆筑，长219米，高3.5米[107]。说明唐宋时石工技术有很大的发展和普及。



由于陂湖建筑物能因地制宜布置，组成一个完整的枢纽系统，运行时互相配合，故能做到蓄、泄、引、灌自如，所以唐宋时期不少重要的陂湖经过整治，综合效益大为提高，这很大程度上得归功于技术的进步。

（三）筑隔堤将陂湖建成二级湖

湖中修筑隔堤大体有以下几种原因：

一是因陂湖湖床有高低而筑隔堤。由于湖中自然地势原本就高低不一，再经多年泥沙的沉积，一般靠近进水处湖床淤积较快，远处淤积较慢，形成高低差异。这时湖堤高度如保持原状，则高处将出露成为陆地；如将湖堤普遍加高，工程量又过大。因此唐宋时期在整修陂湖的过程中，往往在湖中修筑隔堤，将湖分成高低两部分或更多的部分。湖面分隔后，还起削弱风浪，保护湖堤的作用。如丹阳练湖唐代已被“百姓筑堤横截一十四里”，将湖隔截为二，“开渎口泄水，取湖地作田”[108]。这是初次把练湖分为上、下两湖，永泰元年（公元765年）润州（治今江苏镇江市）刺史韦损拆埂清除湖田，湖合为一。宋绍兴时（公元1131~1162年）又“中置横埂，分上、下湖，立上、中、下三闸。八十四溪之水始经辰溪冲入上湖，复由三闸转入下湖”[109]。之后两级湖的形式一直未变。这是因上练湖高于下练湖，采用两级湖可节省湖堤工程量。余杭南湖在东汉初建时就根据自东向西略呈倾斜的地形特点，在湖中筑隔堤，划分上、下两湖。明代嘉靖时南上湖淤废，结合浚湖在南下湖中筑十字长堤，将湖分隔为四块。绍兴鉴湖宋代记载分为东湖、西湖两部分，高差相差二三尺。慈溪汉代建成的杜湖，三面环山，北筑堤坝，湖面达3 700亩。由于湖的南段靠近山麓，地势高于北部，山水挟带泥沙入湖后，又首先淤积于南段，故湖水都潴于北部，而南段经常无水，大片湖滩被私垦为田。为了革除此弊端，提高杜湖的蓄水能力，明万历三十三年（公元1605年），在湖中兴建一条腰塘（隔堤），自白塔嘴山至黄泥隩山，长235弓，塘上建闸，“以界地势之高低，分为上湖、下湖，蓄水灌溉的鸣鹤五都粮田十万八千”[110]。该县的烛溪湖和窖湖等也是“背山面海”而建，皆筑有腰塘。

二是在疏浚陂湖时用淤泥堆积成隔堤。唐宋以后流域开发加快，水土流失加重，陂湖淤积严重，清淤的工程量很大，淤泥的堆积不好解决，于是就便把淤泥堆积于湖中，筑成隔堤。这样淤泥不必搬出湖外，疏浚时又可封堵部分湖水，分隔浚治，并方便了陂湖风景区行人交通。最为著名的有杭州西湖的苏堤，它是北宋元祐年间用清出的葑淤堆积而成，长30里[111]，成为西湖一道靓丽的风景线。

（四）地区水库群的建设和运行技术更加进步

水库群能克服独塘独陂水源过多过少的问题，各陂塘之间互相调节，提高了整个地区的灌溉和抗洪能力，也为发展水运创造了良好的条件。如扬州五塘在唐宋时期大力整修后，各塘蓄水能力增加，皆有渠河与扬州运河相通，不仅灌溉面积大为扩大，运河水量不足时，又能放水济运，效果显著。宝应白水塘，西与破釜塘相合，下又与富陵湖、泥墩湖、万家湖相连，通过在河湖中修筑梯级堰坝，逐级拦蓄山水，再分别修筑渠道自流灌溉不同高程的农田，灌溉面积达数百万亩，水资源得到充分的利用（详见本章第二节）。这一时期的水库群建设已具有总体设计构思，设计目标明确，能熟练合理地布设建筑物，从而达到预定的受益目标。



二、陂塘修筑管理的经验和技术措施

由于南方陂塘堰坝的广泛兴修，在工程修筑和使用管理方面，认识水平日益提高，经验积累渐趋成熟。这集中反映在南宋时的陈旉《农书》中。同时，为防止湖泊淤废消亡，也采取一些延长湖泊运行的工程技术措施，由此减缓了湖泊消亡的速度。

（一）陈旉《农书》等文献中总结的陂塘修筑和管理的经验

主要有以下四点：

一是因地制宜，合理布置陂塘工程设施。陈旉《农书·地势之宜篇》说："若高田，视其地势、高水所会归之处，量其所用而凿为陂塘。"就是说，蓄水陂塘要布置在地势较高和众水会流之处，一来可以扩大自流灌溉的面积，二来可以多潴蓄径流使水量充裕，扩大灌溉面积。所以宋代袁甫《知徽州复民五事状》（《蒙斋集》卷二）说：山田开发后，多"资塘堨之泽也"。这一经验后代也多继承。明代徐献忠《山乡水利议》[112]说：山乡，"当视一乡之中，择其最高仰者，割为陂湖……大展陂岸，使广而多受，虽亢旱之年，不至耗涸。从高泻下，均资广及，沾润一番，可以经月。虽有凶灾，不能及矣。"

二是合理规划陂塘大小与灌溉面积的比例。南方降雨量虽多，但在时空上分配不均，与作物所需水分的状况往往不相协调，特别在山丘地区，雨水存留不住，常常是雨过天晴，溪水即干涸，造成无水灌溉的困境。为了保证作物生长期间的水量，必须把当地径流潴蓄起来。通过多年修筑小型陂塘的经验积累，人们从实践中得出一定数量的农田必须有一定数量的水体储备，即水面与农田之间有一恰当的比例。水面过小，不能满足灌溉之需；水面过大，则占据农田又太多。陈旉《农书》提出："约十亩田即损二三亩以潴蓄水。"即陂塘面积约占农田面积的20%～30%。陈旉所指是灌溉山丘高亢地区的水稻田，需水量多。他谈道"春夏之交，雨水时至"，"高田早稻，自种至收，不过五六月，其间旱干不过灌溉四五次，此可力致其常稔也"。陈旉的意见与《淮南子·说林训》所说"一顷之陂可以灌田四顷"，大体一致。元代梁寅说："畎亩之间，若十亩而废一亩以为池，则九亩可以无灾患"。主张池塘面积占农田面积的10%，此大约指平原之地开挖的池塘而言，其水源除雨水外，还有地下水补给。明代俞汝为认为10%的比例太低，他访问了苏松沿海地区的老农后，认为"每十亩之中，用二亩为积水沟，才可救五十日不雨。若十分全旱年分，尚不免于枯竭，况一亩乎"？主张"稻苗生长秀实，该用水浸溉一百二十日，十亩取二亩作积水沟，仅救半旱"。也就是20%的潴水面积，大体可保证50天无雨状况下水稻田灌溉所需水量。因此陈旉《农书》提出的"十亩田即损二三亩以潴蓄水"是比较合理的，其确定的水稻灌溉保证率较高，既考虑了水稻生育期间的降雨状况，又根据水稻需水要求定出灌溉次数，从而确定池、田比例。

三是高大堤岸，使陂塘深阔。这种做法的好处：一能多潴蓄水量，"俾宽广足以有容"。山田虽"易以旱干"，仍"可力致其常稔也"。二能综合利用。"堤之上，疏植桑柘，可以系牛。牛得凉荫而遂性，堤得牛践而坚实，桑得肥水而沃美，旱得决水以灌溉，潦即不致于弥漫而害稼。"陂塘堤岸用途广泛，不仅具有灌溉防旱和滞洪除潦的功用，堤上植桑获有收益又能护堤，也是系牛的好去处，堤因牛的



践踏而更坚实，桑也得肥水之益。修筑高大的堤岸能形成良性的循环利用。

四是合理安排农事操作，经济用水。山丘区患旱，历来有“滴水贵如油”的说法。宋代在农事操作上积累了宝贵的陂塘节用水经验。陈旉《农书·薅耘之宜篇》总结了山丘区稻田自下而上薅耘放水，控制水量流失的方法：耘田时先在最高处蓄水，“勿致水走失”。然后把最低的一坵田放水耘耨，耘后烤田，再把上一坵田中水灌入。依次自下而上，逐级放水、耘田、烤田、灌田。这样“田干水暖，草死土肥，浸灌有渐，即水不走失”。可以从容地耘田，保证操作质量。如果“不先自上畜水，自下耘上”，而是上下各坵农田同时顿然放水，因恐泥干坚硬难耘，不免草率从事，万一遇上久晴无雨，“因循干甚，欲水灌溉，已不可得，遂致旱涸焦枯，无所措手，如是，失者十常八九”。陈旉特别强调山区稻作栽种要重视节约水源，经济用水，不让水无故流失，提高水的利用率，这在今天仍然是值得提倡的有用经验。

（二）延长湖泊运行的技术措施

陂湖具有蓄泄、排涝、灌溉、航运、养殖、给水，改善环境等综合效益。隋唐宋元时期，为防止陂湖淤废消亡，采取了不少工程措施，总结起来大体有以下几种：

一是及时修筑破缺堤岸，维修斗门堰闸。人工所筑陂湖，一般选择在地势较高处，堤岸斗门堰闸损坏后，水易泄去，以致湖滩出露，为围垦创造了条件。又盗种湖田的农户利于水浅，往往私自决堤毁闸。如丹阳练湖，唐初强家大族在湖中筑一横埂，长 14 里，以“泄流为田”。永泰元年（公元 765 年）韦损任润州刺史，“浚阜成溪，增堤故塘，缭而合之，广湖为八十里”。又修建斗门，恢复了练湖的功能[31]。其时刘晏任东都河南江淮等道转运使，他要求浙西观察使与韦损“勿使更令修筑（横埂），致有妨夺”[108]。到南宋乾道时（公元 1165 ~ 1173 年），练湖“多废不治，堤岸圮阙，不能贮水，强家因而专利，耕以为田，遂致淤淀”（《宋史·河渠志七》）。于是诏两浙漕臣沈度专一措置修筑。以后练湖又大修多次，才使练湖的功能得以延续 1 600 多年。慈溪大型陂湖杜湖、白洋湖建于汉代，牟山湖，建于宋代。当地亦总结了修筑管理经验。嘉庆《杜白二湖全书·永久议》指出：“湖之有田，自不筑堤岸始”，那么“欲息湖之争者，必在于筑湖堤。既筑，则满湖皆水。满湖皆水，则见水而不见田，况水势冲击则旧成田者，皆荡而为湖矣”。《牟山湖志·浚湖人策》称：“湖不患其高，惟有将堤加固，每十年加堤一尺，将闸修筑加板，则湖不浚而自浚，即私垦侵占不禁而自禁矣。”淮南、两浙地区古老陂湖长期运行都与重视维修有关。

二是铲田还湖。经过历史上数次的移民浪潮和人口的自然繁衍，江南人地关系日益紧张，更因豪强的贪婪侵耕，从唐至南宋，围湖为田现象日趋严重，陂湖能够保持，往往是废田还湖斗争取得胜利的结果。如杭州西湖，唐时湖中已有无税田千余亩，湖水浅则田出，湖水深则田没，因此田户常勾结涵闸经营人，偷泄湖水，以利私田[89]。北宋时西湖更为淤浅，湖中葑田侵占更多。庆历二年（公元 1042 年）郡守郑戬，“发属县丁数万人，尽辟豪族僧寺规占之地。仁宗嘉之，降诏奖谕，仍命岁常修守”[113]。西湖能保留至今，与历史上多次铲田还湖不无关系。



三是清除葑草。陂湖淤浅以后，葑草容易滋生，促使陂湖加速湮塞。杭州西湖、鄞县东钱湖等宋代葑草为害都很严重，为清除葑草进行了不懈的努力。宋代元祐年间，西湖葑田“计二十五万余丈”。杭州知州苏轼将西湖进行全面清淤，之后将湖租与人户种菱，因种菱时于春季要芟除草泥，寸草不遗，菱荡课利钱交钱塘县尉司收管，谓之开湖司公使库，以备每年雇人开葑撩浅。绍兴九年（公元 1139 年），命临安府招置厢军兵士 200 人，专一从事浚湖工程，由钱塘县尉兼领其事。以后绍兴十九年（公元 1149 年）、乾道五年（公元 1169 年）、九年（公元 1173 年）、淳祐七年（公元 1247 年）等皆有较大规模的开浚工程[111]。东钱湖除葑工程也很大。南宋淳熙四年（公元 1177 年）葑草塞湖达二万多亩，几乎占了全湖（约 3.7 万亩）的三分之二，沿海制置使魏王赵恺奏请动用国库银两疏浚。然当时所除茭葑，未搬出湖堤，不久又复塞湖。嘉定时鄞县设开湖局，用稻谷收购农户清除的葑草。宝庆二年至三年（公元 1226 ~ 1227 年）调用水军，招募渔户和农户，数次举役除葑。淳祐二年（公元 1242 年）明州守陈恺实行以现钱购买葑草之策，吸引远近农户来除葑[114]。可见对除葑的重视。

四是在陂湖严重淤积时采取综合治理措施。陂湖也与一切事物一样，有其形成、发展、消亡的过程。由于陂湖对人类的生产和生活起有巨大的作用，因此，应该通过多种措施延长陂湖的使用期限，在陂湖淤积严重，行将消亡之时，合理规划，进行综合治理，力求不影响当地的生产、生活和环境。如采用筑隔堤的方法，使高低湖区进行分治；也有将部分湖淤高地进行垦殖，将其余湖区继续筑高堤蓄水；或者在陂湖的上游山区新建水库，以代替原来陂湖所蓄水量；或者在陂湖下游发展河湖网水系，使水体部分转移。如丹阳练湖、余杭南湖在湖中筑埂分成高低湖区，后代实行浚垦兼顾的措施。扬州五塘明代塘底淤高，蓄水不多，清代在五塘西北山地又建了新的池塘，山田在一般年份有水可灌，不再指望五塘之水，故而清代就不进行复塘的工作了。但是也有只顾垦殖将全湖遽然废毁，从而严重影响地区水利的情况发生。如绍兴鉴湖，宋代淤积严重。当时人提出了许多恢复鉴湖的办法，如“益理堤防斗门”；“每岁农隙当僦人浚湖”；“浚湖水使下，然后不失其旧”；“斥湖之三之一与民为田，而益堤使高一丈”等[115]。但复湖的建议未认真执行。从政和时鉴湖大部开垦为田后，造成绍兴地区水旱灾害骤然增加。据记载统计，绍兴地区的水旱灾：北宋 167 年中，水灾 7 次，旱灾 1 次；南宋 150 年中，水灾 38 次，旱灾 16 次[116]。南宋的灾害明显多于北宋，这与鉴湖的湮废有很大的关系。如果当时能采纳一些人士的合理建议，控制围垦规模，进行增堤浚治工作，存留一定的湖面容蓄，这样就能缓解围垦与水利的矛盾，保持地区良好的生态环境。南宋到明代中期，为了改变绍兴地区恶化的水利面貌，当地人民付出了许多的努力，如大力兴建海塘拒咸蓄淡；进一步开挖平原河网蓄水灌溉；增建扁拖、甲蓬、柘林和新灶诸闸和近 20 条堰坝排泄洪水；在临浦一带开碛堰，筑麻溪坝，使浦阳江注入钱塘江，减轻对萧绍平原的浸害；又在山阴、会稽、萧山三邑之水的总汇处三江口建闸，这才基本解决了水利问题。由此，可见延长陂湖使用期的重要性，这一课题目前仍有进一步研究的必要。



参考文献

〔1〕《旧唐书》卷一二三《第五琦传》。
〔2〕《新唐书》卷一六五《权德舆传》。
〔3〕《通典》卷二《食货志》。
〔4〕《读史方舆纪要》卷二一《江南三·寿州》。
〔5〕《宋会要辑稿》“食货七”之四八。
〔6〕《宋史》卷二四七《赵善俊传》。
〔7〕《元史》卷一三《世祖本纪》,《元史》卷一〇〇《兵志三》。
〔8〕《元史》卷一三二《昂吉儿传》。
〔9〕《后汉书》卷七六《王景传》李贤注。又《旧唐书》卷四〇《地理志三》安丰县下有“县界有芍陂,灌田万顷,号安丰塘”。灌溉面积也为万顷。
〔10〕光绪《寿州志·水利》引《元和郡县志》。现《元和郡县志》佚淮南道。
〔11〕《新唐书》卷四一《地理志五》。
〔12〕宋·宋祁:《景文集》卷四六《寿州风俗记》。
〔13〕《宋史》卷二九一《李若谷传》。
〔14〕《宋史》卷三〇一《张旨传》。
〔15〕《宋史》卷三五五《杨汲传》。
〔16〕《宋史》卷二四七《赵善俊传》。
〔17〕《资治通鉴》卷七四胡注引《华夷对境图》。
〔18〕《旧唐书》卷五九《李袭誉传》,又《新唐书》卷九一本传及卷四一《地理志五》均有记载。
〔19〕《新唐书》卷五三《食货志三》。
〔20〕《全唐文》卷五一九。
〔21〕《新唐书》卷一七二《杜亚传》。
〔22〕《新唐书》卷一六六《杜佑传》。
〔23〕隆庆《仪真县志》卷七《水利考》。
〔24〕《读史方舆纪要》卷二三。又南宋司徒尤焴申略中说:“白水塘周围120里。当不包括破釜塘。”
〔25〕《元史》卷一六九《谢仲温列传》。
〔26〕《元史》卷一〇〇《兵志三》。
〔27〕《新唐书》卷四一《地理志五》高邮县下载:“有堤塘,溉田数千顷,元和中,节度使李吉甫筑。”溉田数和《李吉甫传》不同。
〔28〕隆庆《高邮州志》卷二《山川》。
〔29〕康熙《扬州府志》卷九《水利》。
〔30〕唐·刘晏:《奏禁隔断练湖状》,《全唐文》卷三七〇。
〔31〕唐·李华:《润州丹阳县复练湖颂》,《全唐文》卷三一四。
〔32〕《宋史》卷九七《河渠志七》。
〔33〕南唐·吕延桢:《复练湖奏状》,《全唐文》卷八七一。
〔34〕《元史》卷六五《河渠志二·练湖》。
〔35〕详见张芳:《丹阳练湖》,《水利史志专刊》1993年第4期。
〔36〕《新唐书》卷四一《地理志五》。



〔37〕《全唐文》卷四四五。

〔38〕《永乐大典》卷二二六一《赤山湖》。

〔39〕《新唐书》卷一三九《李泌传》。

〔40〕《新唐书》卷一一九《白居易传》。

〔41〕《东坡全集》卷五七《奏议》“杭州乞度牒开西湖状”，四库全书本。

〔42〕宋·曾巩：《元丰类稿》卷一九《广德湖记》。

〔43〕《农政全书》卷一六王廷秀：《水利记》。

〔44〕以上见宝庆《四明志》卷一二《魏王状奏》。

〔45〕晋·陆云：《答车茂安书》称：鄮县“西有大湖，广纵千顷”，引水溉田，“水耕火种”。载《全上古三代秦汉三国六朝文》卷一〇三《全晋文》。又一说认为西湖指广德湖。

〔46〕清·李暾：《修东钱湖议》，载同治《鄞县志》卷七。灌溉面积文中称50余万顷，似不确。《宋史》卷九七《河渠志七》作50万亩。

〔47〕王瑞琛：《佟公坝灌区》，《安徽水利志通讯》1986年第2期。

〔48〕《全唐文》卷六九五。

〔49〕《全唐文》卷八〇五。

〔50〕万历《袁州府志》卷四引《图经》。

〔51〕《永乐大典》卷二七五四引宋代佚志。

〔52〕《宋会要辑稿》食货七之四六，八之一六。

〔53〕《宋史》卷四三二《洪兴祖传》。

〔54〕《宋会要辑稿》食货六一之一二三。

〔55〕《宋会要辑稿》食货六一之一二五。

〔56〕宝庆《四明志》卷一四奉化县。

〔57〕《宋会要辑稿》食货六一之一二六。

〔58〕《宋史》卷三七三《洪迈传》；光绪《金华县志》卷三《水利》。

〔59〕《宋会要辑稿》食货六一之一二五。

〔60〕唐·梁肃：《通爱敬陂水门记》，《全唐文》卷五一九。

〔61〕唐·李绅：《入扬州郭》诗序：“潮水旧通扬州郭内，大历以后，潮信不通。”载《全唐诗》卷四八二。

〔62〕隆庆《仪真县志》卷七。李孟传，志作李孟博，据《宋史》卷四〇一《李孟传传》改。

〔63〕清·刘文琪：《扬州水道记》卷一引《张宁议》。

〔64〕明·王恕：《复修扬州境内水利奏略》称：“雷公上下塘、句城塘、陈公塘，俱系汉唐以来古迹，各有放水拦水闸座，年久坍塌，遗址见存。”载嘉靖《惟扬志》卷三二。句城塘大小见隆庆《仪真县志》卷七《水利考》。

〔65〕雍正《扬州府志》卷八《河渠》。

〔66〕雍正《扬州府志》卷八《河渠》。志中称小新塘在上雷塘东北，据志中《江都甘泉四境图》改为在上雷塘西南。

〔67〕褚义：《白水塘考证浅见》，《江苏水利史志资料选辑》1988年第十七期。

〔68〕报告载宋代嘉定《山阳志》，但此志已佚，从《读史方舆纪要》卷二三及《天下郡国利病书》卷二七转引。

〔69〕《元和郡县志》卷二五《江南道一·润州丹阳县》。

〔70〕明·丁一道：《练湖议》，载民国《练湖志》卷六。

〔71〕明·张存：《重修练湖碑记》，光绪《丹阳县志》卷三二。



〔72〕清·林则徐:《筹办通漕要道疏》,民国《练湖志》卷三。

〔73〕光绪《丹阳县志》卷五赋役。

〔74〕《京口山水记》卷一四《丹阳诸水》。

〔75〕江苏水利厅:《太湖水利史稿》,河海大学出版社,1993年8月,第57页、60页。

〔76〕南唐·吕延桢:《复练湖奏状》,《全唐文》卷八七一。

〔77〕嘉定《镇江志》卷六陈伯广记。

〔78〕民国《练湖志》卷八《碑记》。

〔79〕乾隆《镇江府志》卷三《山川下》。

〔80〕武同举:《江苏水利全书》卷二七《江南运河一》。

〔81〕明·陈幼学:《南湖考》及图说。

〔82〕咸淳《临安志》卷三四《山川十三》。

〔83〕明·陈善:《南湖志考》卷一。

〔84〕乾隆《杭州府志》卷四二《余杭县水利》。

〔85〕嘉庆《余杭县志》卷一一《水利》。

〔86〕清·宋士吉:《增南湖五亩塍辅坝记》,乾隆《杭州府志》卷四二《余杭县水利》。嘉庆《余杭县志》卷一一称清代宋士吉筑辅坝年代为康熙十年。

〔87〕乾隆《大清一统志》卷二一六《杭州府一》载:"于(南)湖西北为石门函,以纳溪水,又于湖东南五亩塍立滚坝,其派别北出为黄母港,流十二里,与苕溪会。于其会处,节以石埭曰西函。西函在县东十三里,后湮废。唐令归珧因旧重修,宋明以来胡继修筑十余次。"

〔88〕宋·成无玷:《南湖水利记》,咸淳《临安志》卷三四《山川十三》。

〔89〕唐·白居易:《钱塘湖石记》,见《白氏长庆集》卷五九。

〔90〕唐·白居易:《西湖留别》、《西湖晚归回望孤山寺赠诸客》,《全唐诗》卷四四六、四四三。

〔91〕《白氏长庆集》卷五九,以下未注明出处者皆引自此记。

〔92〕淳祐《临安志》卷一〇称:下湖"在钱塘门外,其源出于上湖,即西湖"。白公堤今已不存在了,并不是现在西湖内的白堤。白堤修筑年代比白公堤更早,白居易诗中所称的白沙堤即白堤。

〔93〕宋·苏轼:《钱塘六井记》(载《东坡全集》卷三五)称:李泌六井,"其最大者在清湖中为相国井,其西为西井,少西而北为金牛池,又北而西附城为方井,为白龟池,又北而东至钱塘县治之南为小方井"。

〔94〕《东坡奏议集》卷八《乞子珪师号状》。

〔95〕《宋会要辑稿》食货二一之一。

〔96〕《丁丙年谱》,载民国《杭州府志》卷五三水利一。

〔97〕宝庆《四明志》卷一二《魏王状奏》。

〔98〕参见《鄞县水利志》,河海大学出版社,1992年,第240~241页。下文多参见该书。

〔99〕同治《鄞县志》卷七载清代李暾:《修东钱湖议》。而雍正《浙江通志》卷五六引《水利图说》称四碶闸为钱堰碶、平水堰碶、高湫堰碶和梅湖堰碶,代表早期情况,与后代不同。

〔100〕明·陈文:《南坝闸记》,载民国《续修昆明县志》卷二。

〔101〕民国《续修昆明县志》卷二《水利》。

〔102〕清·刘发祥校:《咸阳王抚滇功绩》。

〔103〕福建省水利史志办《莆田太平陂》,载《福建水利史志资料》1985年第4期。

〔104〕宝庆《四明志》卷一二《魏王状奏》。四碶闸名参见小注〔116〕。魏王状奏中说嘉

祐时为“始建”，此大概指砌石闸门，木闸应在唐代已建。

〔105〕宋·李孟博：《钱判官冲之修陈公塘记》，隆庆《仪真县志》卷七《水利考》。“石硁”一词流行于宋代，应在宋代时建成。

〔106〕宋·成无玷：《南湖水利记》，咸淳《临安志》卷三四。

〔107〕福建省水利史志办：《福清天宝陂》，载《福建水利史志资料》1986年第4期。

〔108〕唐·刘晏：《奏禁隔断练湖状》，《全唐文》卷三七〇。

〔109〕《明史》卷八六《河渠志四》。

〔110〕嘉庆《杜白二湖全书》。

〔111〕乾隆《杭州府志》卷四〇《西湖水利》。

〔112〕《农政全书》卷一六《水利》。

〔113〕淳祐《临安志》卷一〇《山川》。

〔114〕宝庆《四明志》卷一二《鄞县志·水》。

〔115〕宋·曾巩：《序越州鉴湖图》，载《元丰类稿》卷一三。

〔116〕陈桥驿：《古代绍兴地区天然森林的破坏及其对农业的影响》，载《地理学报》1965年第2期。



第四章
引浊放淤

我国北方不少河流的含沙量很高，它们多发源或流经于黄土高原。由于黄土质地疏松，垂直节理发育，极易遭到水流的侵蚀和分割，暴雨时期，大量泥沙被冲入河流之中。如著名的黄河，中游流经黄土高原，挟带大量的泥沙流向下游，黄河陕县段河水终年平均含沙量达37.7公斤/立方米，平均每年有16亿吨泥沙被送往下游，海河也是一条多沙的河流，泥沙主要来源于黄土区的永定河、漳河和滹沱河。此外，黄土区的一些山谷水含沙量也相当高。

我国古代人民在开发北方多沙河流水利时，注意同时用水和用沙，水沙并重。黄河、海河流域兴修的灌渠，自先秦以来都是“且溉且粪”，用水灌溉，用泥沙施肥和改良土壤。一些地区不仅用浑水淤灌，还开发以用泥沙为主的农田放淤，到北宋熙宁期间在当时政治形势的推动下，发展成空前规模的放淤主潮，积累了不少宝贵的技术经验。这种开发利用多沙河流的水土资源，变洪害为洪福，用淤泥造田的技术，在世界水利史上有着特殊的地位。

第一节　引浊放淤的发展历史

一、北宋熙宁以前的引浊放淤

放淤，又称淤田及引洪漫地，是将多泥沙的洪流，引入低洼荒地和瘠薄盐碱地使泥沙沉积、淤填的一种水利技术，兼有造田、肥田和改良土壤的作用。

人工放淤的历史源远流长，相传先秦时陕西富平赵老峪已实行引洪漫地了，距今2 300年。万历《富平县志·水利》记载，自秦孝公重用商鞅变法后，奖励耕战，水利工程渐有兴修，赵老峪引洪漫地即大致开始施行，经过多年漫淤，把原来“地土高燥”的穷乡僻壤，变成“土润而腴”的肥沃良田。到公元前230年，秦灭楚之后，秦始皇把赵老峪洪漫地赐给有功的大将王翦，“流曲大川为方百里，秦王翦美田千顷之地”。据调查，赵老峪洪漫区最初主要在顺阳河下游的流曲、美原一带，元、明时移向西北上游地区，规模更大。现在洪漫的方法是将赵老峪河床作为洪漫总干渠，旁分支渠24条，引洪口计37个，在各引水口前修筑有砂石导洪堤。田间工程主要是筑埂修埝，田块大小不等，一般认为十亩一块较好。洪水引入田块后，让洪水落淤。每年平均漫水深度0.3米，平均落淤厚度0.06米[1]。另外陕西的定边八里河、礼泉赵镇等也是古老的引洪漫区。

早期利用河淤在《管子·轻重乙》中有反映，称“河淤诸侯，亩钟之国”。应指战国时诸侯国利用河水淤灌和放淤，土地变得肥沃的现象。

战国后期成书的《吕氏春秋·辨土》说：“下田则尽其汙。”下田应指低而瘠薄的田地，“汙”指积水、浑水。此句既有低田要尽量将积水排除之意，还有努力进行放淤，“以洼为突”，改良土壤之意，这是另一种“尽其汙”的方法。又《吕



氏春秋·乐成》记载魏襄王时史起在邺地引漳灌溉事，“邺有圣令，时为史公，决漳水灌邺旁，终古斥卤生稻粱”。在盐碱严重的低地种稻，也会采用放淤和淤灌的措施。

战国后期，秦国在关中平原修建了引泾灌溉工程郑国渠。《汉书·沟洫志》称：“渠成而用注填阏之水，溉舄卤之地四万顷，收皆亩一钟。”唐代颜师古注释说：“注，引也。阏，读与淤同。填阏，谓壅泥也。言引淤浊之水灌咸卤之田，更令肥美，故一亩之收至六斛四斗。”亦进行了放淤改良盐碱地的工作。

汉代武帝时穿渠引汾水和黄河淤溉皮氏（今山西河津县西）、汾阴（今万荣县西南）、蒲坂（今永济县西南）地区的“河壖弃地”，改茭牧地为农田五千顷（《汉书·沟洫志》）。这河壖地实为低下地，所以要进行改土，当时兴修渠道主要是引洪漫滩淤田。

唐代，实行引汴水放淤有较大发展。宋代沈括《梦溪笔谈·杂志一》记载“熙宁中，初行淤田法”时，他“出使至宿州，得一石碑，乃唐人凿六陡门，发汴水以淤下泽，民获其利，刻石以颂刺史之功。则淤田之法，其来盖久矣”。下泽即沼泽地，通过放淤，淤高了地面，改良了土质，民众大为获利。汴渠两岸开斗门淤灌农田的记载，在白居易《白氏长庆集·（甲乙）判》中也有反映。文中说：“转运使以汴河水浅，运船不通，请筑塞两岸斗门。节度使以当军营田，悉在河次，若斗门筑塞，无以供军。”为此成为一件需要判决的事情。

北宋真宗时期，知应天府（治今河南商丘南）李防“凿府西障口为斗门，泄汴水淤旁田数百亩，民甚利之”[2]。这发生在熙宁变法前六七十年，可见唐宋时引洪水淤田是常采用的方法。

山西省中部分布有一系列的断陷盆地，汾河从中穿过。中部断陷盆地的东西两侧，均为黄土山地丘陵。众多的山地和黄土高原切割后形成纵横交错的沟壑，大雨时期从山地中流出的川谷水含沙量皆很高。山西古代人民有利用川谷水放淤，变害为利的传统，发展到北宋时，已积累了较完整的经验，在不少地方进行大面积的放淤。《续资治通鉴长编》卷二七七载程师孟言：“臣昔提点河东刑狱兼河渠事，本路多土山高下，旁有川谷，每春夏大雨，众水合流，浊如黄河矾山水，俗谓之天河水，可以淤田，绛州正平县（今山西新绛县）南董村旁有马壁谷水，劝诱民得钱八百缗，买地开渠，淤溉田五百余顷，其余州县有天河水及泉源处，亦开渠筑堰（淤灌），皆成沃壤。凡土州二十六县，共兴修田四千二百余顷，并修复旧田五千八百余顷，计万八千余顷。嘉祐五年毕功，攒成《水利图经》二卷，付州县遵行。”通过开渠筑堰，汛期引多泥沙的川谷水漫地，在嘉祐五年（公元1060年）河东新旧淤田达180万亩之多。这些放淤的技术经验为熙宁时大规模淤田奠定了较好的基础。

二、熙宁变法与北方大规模放淤高潮

公元1067年宋神宗继位，当时国家的经济处于入不敷出的困境。土地大量兼并，“天下田畴半为形势（户）所占”。农民在沉重的赋税、徭役及自然灾害的威胁之下，大量逃亡，土地荒芜，水利失修，尤以北方地区为甚。而宋政府又养着庞大的冗官和冗兵，每年还要向辽和西夏缴纳数目可观的“岁币”。为了缓和矛盾，



发展生产，改变“积贫积弱”的局面，达到“富国强兵”的目的，神宗起用王安石主持变法。于是在熙宁期间掀起了一场声势浩大的改革运动。其内容主要是“理财整军”。理财的当务之急首先是发展农业生产，“修其水土之利”。通过兴修水利，开垦荒地，直接增加国家财富。熙宁二年（公元 1069 年）十一月十三日，北宋政府颁布了《农田水利条约》，自是“四方争言水利”[3]。农田水利建设形成热潮，特别是北方的放淤活动规模空前，取得了巨大的成绩。

北宋前期中原地区的农业生产一直不景气。河北平原北面与契丹接壤，战备重于生产，丁壮半数服兵役和劳役，土地被监牧所占畜养战马。加上河道失修，洪水泛滥于中原大地，造成大片的盐碱荒地。至道二年（公元 996 年）太常博士陈靖说：“今京畿周环二十三州，幅员数千里，地之垦者十才二三，税之入者，又十无五六。”[4]之后虽多次劝民垦种，但“汝、颍、陈、蔡、许、洛之间，平田万里，农夫逃散，不生五谷，荆棘布野”[5]。庆历六年（公元 1046 年）监察御史何郯言：“河北一路，除沧、滨出盐外，其深、冀、邢、洺等十数州，地多碱卤，不可耕殖，民惟以煮小盐为业，衣食赋税皆出于此。”[6]北方生产呈现一片衰退的景象，政府给养仰赖东南漕运。为了改善这一状况，在《农田水利条约》的鼓励下，熙宁二年十一月十五月日侯叔献言：“汴河岁漕东南六百万斛，浮江溯淮更数千里……夫以数百万之众而仰给东南千里之外，此未为策之得也。臣伏思之，汴河两岸沃壤千里，而夹河之间多有牧马地及公私废田，略计二万余顷，计马而牧不过用地之半，则是万有余顷常为不耕之地，此遗利之最大者也。观其地势利于行水，最宜稻田，欲望于汴河南岸稍置斗门，泄其余水，分为支渠及引京、索河并二十六陂水以灌之，则环畿甸间岁可以得谷数百万以给兵食，此减漕省卒富国强兵之术也。”[7]这一意见被朝廷采纳，他和杨汲被任为提举开封府界常平等事，引汴水灌溉和放淤。于是大规模放淤活动就此拉开帷幕。这一活动由政府组织进行，集思广益，能较充分地调动人力，使原来存在于民间的放淤技术，得到大范围的推广和发展。

三、熙宁期间大放淤的开展和分布

熙宁二年十二月在侯叔献主持下，放淤活动首先在祥符（今开封市）、中牟地区进行。翌年八月，经王安石的推荐，神宗任命侯叔献、杨汲“并权都水监丞，提举沿汴淤田”[8]，给以水利专职之权。嗣后，又先后设置“沿汴淤田司”、“都大提举淤田司”等专职机构，领导淤田事务。熙宁期间放淤的范围很大，主要有河南的开封、中牟、荥泽、阳武、睢阳（今商丘南）、陈留、酸枣（今延津西）、雍丘（今杞县）、澶州（今濮阳）；河北的沧州、洺州（今永年）、保州（今保定）、深州（今深县南）、永静军（今东光）、静安军（今深县南）、冀州（今冀县）、瀛州（今河间）；河东的河中府（今永济西）、解州（今运城西南）、绛州（今新绛）；陕西的同州（今大荔）及朝邑县（今大荔东）等地区。放淤的水源主要有黄河、汴河、漳河、洺河、沈苑河、滹沱河、胡卢河等含沙量多的河流及一些浑浊的山川水。见下页图 3 -4 -1 -1。

河南地区主要引汴水淤田。汴水是联结黄河和淮河的运河，其时从河阴县（今郑州市西北）引黄河水，经开封历陈留、雍丘（今杞县）、襄邑（今睢县）、宋城（今商丘）、下邑（今夏邑）、永城、宿州、灵璧、虹县（今泗县），在青阳



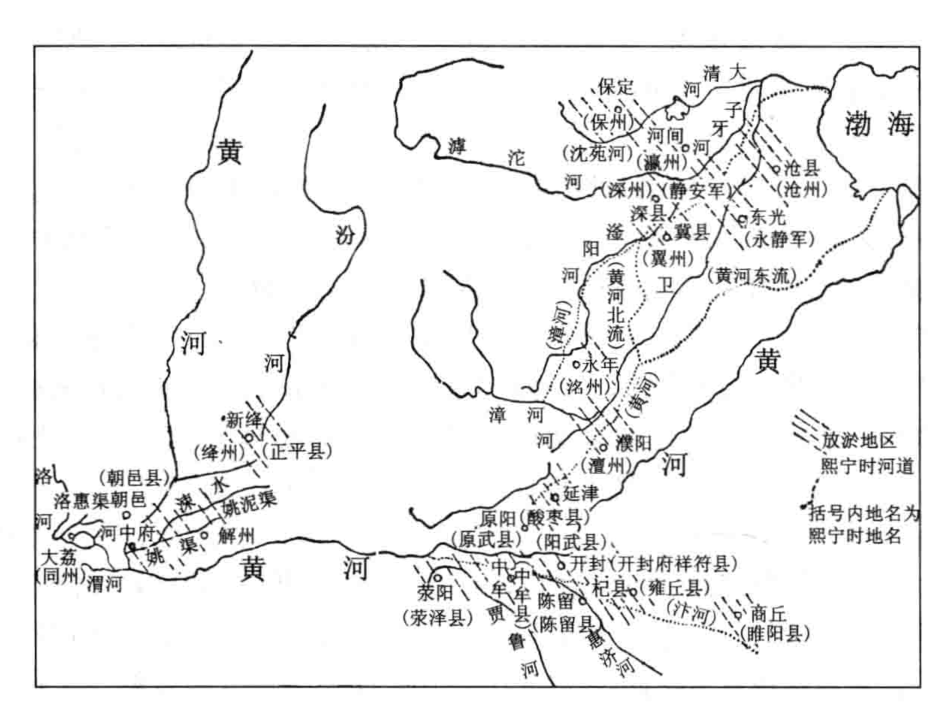


图 3－4－1－1　熙宁时期放淤工程分布示意图

镇（今泗洪）东南入淮河。其水流的混浊程度和黄河差不多。由于汴河以黄河为原，河床易淤高。熙宁年间，开封以东，下至雍丘、襄邑，汴河底皆高出堤外平地一丈二尺余[9]，使得地上河引水淤田尤为方便。熙宁时为迅速改变京城开封周围地区荒芜的景况，对引汴水淤田不遗余力。放淤工作以引汴水放淤起始最早，熙宁二年十二月即开始了（修工程为放淤作准备）；历时最长，延续到熙宁十年，直到元丰二年（公元 1079 年）六月才撤销沿汴淤田司，中止引汴放淤①。甚至连重要的漕运也可让步。如熙宁六年夏，侯叔献引汴水淤开封府界闲田，水数放之后，几乎绝流，运舟搁浅，也未追究责任[10]。熙宁八年四月，管辖京东淤田的李孝宽建议："矾山涨水甚浊，乞开四斗门，引以淤田，权罢漕运再旬。"[11]此建议被批准实施，可见对引汴淤田的重视程度。其时引汴淤田规模很大。如熙宁三年二月中牟县曹村建水澾一座，可淤民田千余顷[12]。熙宁六年，因放淤后，开封以西许多"瘠土皆为良田"[13]，神宗赏赐侯叔献、杨汲淤田各 10 顷，以嘉奖他们主持"淤田之劳"。熙宁七年，开封府淤田 5600 余顷。熙宁八年张景温言："陈留等八县咸地，可引黄、汴河水淤溉。"下诏第二年差夫兴役。熙宁十年六月，权领都水淤田程师孟、都水监丞耿琬，"引河水淤京东、西沿汴田九千余顷"。七月，"前权提点开封府界刘淑奏淤田八千七百余顷"。元丰元年（公元 1078 年）二月，都大提举淤田司言："京东，西淤官私瘠地五千八百余顷。"[14]

河北地区所引淤田的水源较多，有黄河、漳河、滹沱河、胡卢河等。主要有程昉负责淤田，规模也很大。据《宋史·河渠志五》记载，熙宁五年闰七月，"程昉奏引漳、洺河淤地，凡二千四百余顷"。熙宁六年八月，程昉又请求引水淤漳河旁地，王安石认为有利，同意冬季施工。十二月，王安石派人考察程昉在河北放淤的

① 元丰二年，为改变汴河淤塞迅速的状况，兴建运口改道工程，汴河水源改引含沙量少的洛水，黄河水不再进入汴河，故中止了引汴放淤。



情况，查实后上奏："得良田万顷，又淤四千余顷。"熙宁七年正月程昉言：沧州"引黄河水淤田种稻"，"深州开引滹沱水淤田"。熙宁八年四月深州静安令任迪，请求等来年刈麦后，全放滹沱、胡卢两河，又引永静军（今东光县）双陵口黄河水，"淤溉南北岸田二万七千余顷"。这些建议都被批准施行了。

河东地区淤田经验丰富，熙宁期间继续发展。如熙宁八年，知河中府（治今山西永济县蒲州镇）陆经奏，在辖境"淤官私田约二千余顷"。熙宁九年八月在程师孟的建议下，派遣都水监丞耿琬淤河东路田[14]。

陕西地区淤田的面积不大，只在同州（治今大荔县）一带引黄河水放淤。

熙宁淤田活动投入的人力、财力不少。如熙宁七年淤田司引河水淤酸枣、阳武县田，"役夫四五十万"，工程规模颇大。据统计，仅从熙宁七年至十年的三年间，淤田司投入放淤的费用达"十五万五千四百余缗"[15]。年平均费用占当时政府财政收入的3‰[16]，同时取得的成就也是很大的。熙宁期间放淤的总体状况见表3－4－1－1。

表3－4－1－1　　　　熙宁期间放淤概况表

年　代	放 淤 地 区	淤田面积（万亩）	放淤水源	资 料 出 处
熙宁二年（公元1069年）	祥符县（今河南开封市） 中牟县（今河南中牟县）		汴河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二一四
熙宁三年（公元1070）	开封府等		汴河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二一四
熙宁四年（公元1071年）	开封府等		汴河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二二三、二二六
熙宁四年（公元1071年）	澶州（治今河南濮阳县） 原武县（今河南原阳县西南）等		黄河	《续资治通鉴长编》卷二四七
熙宁四年（公元1071年）	睢阳县（今河南商丘县南）		汴河	《梦溪笔谈·权智》
熙宁五年（公元1072年）	开封府等		汴河	《续资治通鉴长篇》卷二三八
熙宁五年（公元1072年）	洺州（治今河北永年县东南）等	24	漳河、洺河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二三六
熙宁六年（公元1073年）	保州（治今河北保定市）等		沈苑河（今府河）等	《续资治通鉴长编》卷二九三 《宋史·河渠志五》塘泺
熙宁六年（公元1073年）	开封、陈留（今开封市东南）等		汴河	《续资治通鉴长编》卷二四五
熙宁六年（公元1073年）	阳武县（今河南原阳县）		黄河	《宋史·河渠志五》
熙宁六年（公元1073年）	深州（今河北深县南）	40	滹沱河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二四九
熙宁七年（公元1074年）	开封府	56	汴河	《续资治通鉴长编》卷二六三
熙宁七年（公元1074年）	酸枣县（今河南延津县西）、阳武县		黄河	《续资治通鉴长编》卷二五八
熙宁七年（公元1074年）	河中府（治今山西永济县西南） 解州（治今山西运城西南） 同州（治今陕西大荔县）		黄河等	《宋会要辑稿》食货七之二八
熙宁七年（公元1074年）	朝邑县		黄河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二六二
熙宁七年（公元1074年）	沧州（治今河北沧州市东南）		黄河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二四九
熙宁七年（公元1074年）	深州		滹沱河 胡卢河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二四九
熙宁八年（公元1075年）	京东路各县		汴河	《宋史·河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二六二

（续表）

年　代	放 淤 地 区	淤田面积（万亩）	放淤水源	资 料 出 处
熙宁八年（公元1075年）	雍丘县（今河南杞县）		汴河	《续资治通鉴长编》卷二六六 《宋史・河渠志五》作六年
熙宁八年（公元1075年）	河中府	20	黄河	《宋史・河渠志五》
熙宁九年（公元1076年）	陈留等八县		黄河、汴河	《宋史・河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二六八
熙宁九年（公元1076年）	绛州（治今山西新绛县）		天河水	《宋史・河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二七七
熙宁九年（公元1076年）	永静军（治今河北东光县）	120	黄河	《宋史・河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二六二
熙宁九年（公元1076年）	静安县（今河北深县南）	150	滹沱河 胡卢河	《续资治通鉴长编》卷二六二
熙宁十年（公元1077年）	开封府界	87	汴河	《宋史・河渠志五》
熙宁十年（公元1077年）	京东、西路沿汴河	90	汴河	《宋史・河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二八三
熙宁中（公元1068～1077年）	冀州（治今河北冀县） 瀛州（治今河北河间县）等		黄河等	《梦溪笔谈・权智》
元丰元年（公元1078年）	京东、西路各县	58	汴河	《宋史・河渠志五》 《续资治通鉴长编》卷二八八

第二节　熙宁大放淤的改土效益和技术经验

一、大放淤的改土效益

从熙宁二年至元丰元年短短的十年中，仅就有放淤面积的九处资料统计，共淤田645万亩。据此推测，当时淤过的农田总面积可能有数千万亩。放淤的结果，使大量的盐碱瘠薄低洼地得到改良，产量大幅度增长。

黄河平原地势低平，河道排水不畅。宋代时不少河流如黄河、汴河、漳水、御河等因泥沙的淤积都成了地上河，河道水位高于附近地面，由于侧渗作用，逐渐抬高了两岸地区的地下水位。晋西南、关中同州地区的地势低洼，地下水位亦高。这样因地下水位高，加上蒸发强烈，盐分易于积累于地表，从而产生了大片的盐碱土。利用含沙量高的河流放淤，是一种很好的改良盐碱化土壤的措施，放淤时盐碱土壤经过大量水的浸泡，可溶性盐类随着清水退走，减低了土壤的地下水矿化程度；由于淤泥的沉积，抬高了地面高程，地下水埋藏深度加深，削弱了土壤返盐的可能性；又因洪水携带的细颗粒泥沙含有丰富的有机质和养分，改良了耕作层土壤性状，提高了土壤肥力。熙宁时的大放淤是总结了群众改良盐碱土的经验而加以大面积推广的。其时对放淤改良盐碱地的原因和规律已有了一定的认识。如元丰元年宋神宗说："大河源深流长，皆山川膏腴渗漉，故灌溉民田，可以变斥卤为肥沃。朕取淤土亲尝，极为润腻。"（《宋史・河渠志五》）

熙宁时放淤改良土壤的成效显著。《宋史・河渠志五》记载，熙宁九年（公元1076年）权领都水淤田的程师孟在一则奏章中说："窃见累岁淤京东、西咸卤之地，尽成膏腴，为利极大。"当时热心水利的沈括对"淤田法"大为称赞。他在



《梦溪笔谈·权智》中指出："深、冀、沧、瀛间，惟大河、滹沱、漳水所淤，方为美田，淤淀不至处悉是斥卤，不可种艺。"然而这些不可种艺的斥卤之地，经过放淤后，产量成倍增长，有的当年就能见到成效。如山西绛州正平县（今山西新绛县）南董村引马壁谷水淤瘠地500余顷，皆成沃壤，"亩旧直三两千，收谷五七斗。自灌淤后，其直三倍，所收至三两石"。亩产增长2~3倍。由于效益显著，一些农户踊跃要求放淤改良瘠薄盐碱地。如熙宁六年阳武县民邢晏等364户联名请求："田沙咸瘠薄，乞淤溉，候淤深一尺，计亩输钱，以助兴役。"[17]由官府代为淤灌，然后按亩摊费出钱。还有农户积极要求直接购买已淤好的官荒地。熙宁五年，官府曾按照淤田的质量，分别定价出售，"见淤官田，今定赤淤地每亩价三贯至二贯五百，花淤地价二贯五百至二贯"。当时"有七十余户，乞依定价承买，欲作三年限输纳，仍于次年起税"。因田地已变得肥沃，农户争相购买，又规定了优先购买的条件："其有愿添钱或近限输纳者，即不以投状先后给之。"[17]即愿意多出钱，早交纳田价者，可优先购买，不受申请先后的限制。可见放淤改土见效迅速。

大放淤也取得了较好的社会经济效益。熙宁八年（公元1075年）王安石说："河北大河无事，诸河又已循道，所出地及淤田至多，即岁增出斛斗不少。……（开封）府界淤田岁须增出数百万石。"[18]淤田后粮食有大量增加，为避免谷贱伤农，曾研究俵籴法，将粮食转输到河北边境作军粮。熙宁九年下诏："给司农寺市易水利淤田司所计置澶、定州、大名府封桩粮十五万石，付河北西路转运司，以乏军粮故也。"[19]淤田对当时国民经济的改善和边防的巩固，都具有重大的意义。

总之，熙宁时期北方的大规模放淤，使大片的盐碱荒地成为膏腴良田，农业生产面貌大为改观，迅速改变了原来农民逃亡，土地荒芜，"粟帛常贵"，赋税无着的状况。元丰二年（公元1079年）韦骧在一首诗中写道："万里耕桑富，中原气象豪。河淤开亿顷，海贡集千艘。"[20]诗句虽有溢美，但在一定程度上反映了大放淤给农业生产和社会经济带来的兴盛气象。

但是大放淤是在王安石变法这一政治背景下展开的，所以自始至终贯串着提倡和反对两派之间的尖锐斗争。熙宁九年十月，王安石罢相，标志着变法失败，由国家主办的轰轰烈烈的大放淤活动，与其他变法事业一样，很快被停废了。

二、大放淤的技术经验

熙宁时期的大放淤，虽然只有短短十年的时间，但开展如此大规模的放淤活动，却是史无前例的，故而积累了丰富的技术经验，为利用多沙河流放淤技术的进步做出了重要贡献。其主要的技术经验有以下几个方面：

（一）选择适时的水情，抓紧时间放淤

放淤成效的关键是水流含淤的成分和浓度。北宋时，人们对黄河一年中水势涨落和夹沙情况变化的规律已有清楚的认识。《宋史·河渠志一》列有黄河的12种水势名称，是以不同季节的物候来命名的。对于盛夏适于淤灌的"矾山水"是这样说的："朔野之地，深山穷谷，固阴冱寒，冰坚晚泮，逮于盛夏，消释方尽，而沃荡山石，水带矾腥，并流于河，故六月中旬后，谓之矾山水。"盛夏时冰雪融化，暴雨特多，水量最大，沿途冲刷，挟带入河的泥沙中有机质含量多，水有矾腥味，故称为"矾山水"。此外，对于不同季节的泥沙成分，也作了区分："水退淤



淀，夏则胶土肥腴；初秋则黄灭土，颇为疏壤；深秋则白灭土；霜降后皆沙也”。说明随着季节的推移，水势的变化，使沉积的土类不一样。夏季洪水冲下来的泥中有机质多，最为肥沃，以后洪水的肥力渐次递减，泥沙的颗粒级配也起了变化。北方其他多泥沙河流的水情大体也相同。因此，掌握最适宜的季节放淤很是重要，关系到把盐荒土淤成腴田，而不至于淤成无用的沙田这一关键技术。熙宁期间放淤一般在四月至八月时进行，就是掌握多沙河的水沙规律。

为了抢季节，赶水情，熙宁间引汴河淤田，连“东京（开封）养甲兵数十万，居人百万家，天下转漕仰给在此一渠水”[10]的汴河漕运，也得暂时让路，“权罢漕运三二十日”[21]。熙宁八年四月，管辖京东淤田事务的李孝宽提出：“矾山涨水甚浊，乞开（汴渠）四斗门，引以淤田。”河北深州静安县安排在“收毕二麦，全放滹沱、胡卢两河淤溉”[21]。时间应在夏五月。《宋史·河渠志五》载，熙宁十年六月，程师孟、耿琬在京东西沿汴淤田，七月刘淑在开封府界淤田，都是在夏季。河东地区是在“每春夏大雨，众水合流，浊如黄河矾山水，俗谓之天河水”的时候淤田。说明当时人们非常重视适时引矾山水放淤，这是淤田是否成功的首要一步。

为了抢洪水，放淤工作极为紧张，必须投入大量的劳动力。淤田的时候，正是农忙的时期，不大可能从农村抽出大批劳力，当时使用“役兵”来从事淤田工作。熙宁七年淤灌酸枣、阳武田地，“役兵四五十万”[22]。反对派曾攻击说：“淤田役兵多走死。”[23]实际逃走死亡人数远少于军队原来定的比例，这是反对派用以阻止淤田的借口，但多少反映了淤田工程抢季节的紧张和艰巨。

（二）注意地形条件，讲究淤田技术

地形太高，水流引不上，徒劳人力；地势太低，工程量过大，难以马上见效。如熙宁七年，同州朝邑县（今陕西大荔县东）引黄河淤安昌等处碱地，因该处地高，所引河水不能到达，水流约束不住，反而灌坏朝邑县长丰乡秋苗360余顷。同年淤酸枣、阳武田地，已用工四五十万，后因地形洼下，难淤，半途停止。[22]因此放淤要注意地形条件，准确地进行测量，做好规划工作，才能消除不必要的损失。

淤田技术直接关系到淤田的质量。熙宁时期放淤，一般人采用“泛淤”的方法，即在大范围地区采用漫灌的方法。这种方法水流不好控制，易出问题；因地面的高低不同，淤垫层势必有深有浅，淤田的质量不能得到保证。当时政府向民间出售的官淤田就有“赤淤”、“花淤”之分。“赤淤”淤得均匀，所以售价高些；而“花淤”厚薄不匀，价格低些。有的地方一味追求数量，“只要泛淤”，淤后“其薄如饼”（《宋史·河渠志五》），只好下次再淤。然而，当时也有根据地形条件，采取相应的工程技术措施，保证了淤田的质量，取得显著成效的事例。如杨汲淤田技术掌握得好，田淤得漂亮。人们评价说：“当时，人淤田，只要泛淤，汲随地形筑堤，逐方了当，以此，免淹没之患，遂有成功。”[24]杨汲能根据地形高低修筑田间格堤，“逐方了当”，逐块放淤，不跑水窜泥，因而淤得匀、淤得平、淤得厚，保证了淤田的质量。对淤田过程中常出现的“三节地”（即因浑水进入田块后，流速下降，夹沙能力随之下降，泥沙从粗至细逐渐沉积，形成“三节地”）大概也避免了[25]。

落淤的厚度多少为好，当时记载阳武县农户为改造沙碱瘠薄田，要求“淤深一尺”左右（《宋史·河渠志五》）。这样的厚度大概是当时人对改良荒碱地的要



求，淤得厚，压碱作用显著，肥力大为提高。对淤得过薄，“其薄如饼”，即只有1~2厘米的，人们就认为淤得不好。据目前关中平原农民的淤田经验，在当地的塿土上灌淤20~30厘米厚灌淤层，可以形成群众喜爱的“黄盖塿”土体结构，对耕作和农作物生长发育都有利。如果灌淤层再加厚，反不能保持“黄盖塿”的土体结构和生产特性。可见北宋时人们要求淤一尺厚的经验是有道理的。

熙宁时期放淤工程的布置和建筑物，见于记载的只有引汴水工程。引洪放淤时，“开四斗门引以淤田”[26]。是采用多口引水的技术。因为汛期洪水流量大，为抢时间放淤多淤田，则需要多开斗门。还在中牟县汴堤上修筑了一座水澾[12]，水涨时自流溢出，供淤灌和淤田之用。这种水澾建筑比斗门节省工费。斗门下接引水渠，再通过支渠进入淤灌地段。引浑水的渠道坡度较陡，这样可防止渠道的淤积。淤灌区的田间工程，讲究的应有进水口、隔堤、格田和排水沟等组成，杨汲可能采用了这些设施，“逐方”淤田。但当时多采用大面积漫灌，工程较为简单。浑水中泥沙经沉淀后，其清水汇入排水沟退走。

（三）有灌有排，预筹退水去路

含有泥沙的浑水，放淤沉淀后，大量的清水一定要预先安排好退路，及时排走，否则会酿成水灾。熙宁时由于重灌轻排，淤淀后的清水无退路，发生了一些事故。如熙宁六年（公元1073年）引河水淤田，退水出路未能预筹好，结果，“决清水于畿县、澶州间，坏民田庐冢墓，岁被其患”[27]。同年，原武等县民众也因淤田退水无路，“浸坏庐舍坟墓，妨秋种，相率诣阙诉”[28]。熙宁八年，开封府界雍丘等县，放水淤田地，因排水未规划好，结果清水分入未淤处，“占压民田”[29]。而杨汲重视这个问题，妥善地安排退水出路，“免淹没之苦，遂有成功”[24]。熙宁时放淤的正反面经验说明解决好放淤后退水是一个重要的问题。

三、大放淤中的技术问题

熙宁时期的放淤工程由于规模大，又追求淤田数量，总的来说放淤技术还是采用比较粗放的漫灌，暴露出不少尚待解决的技术问题，主要有以下几方面：

（一）放淤与防洪的矛盾

汛期引矾山水放淤，效果最好。但洪水来势猛，流量大，甚至还有异常洪流发生，易致水口溃决，堤防崩塌，发生洪灾。熙宁放淤过程中曾出现过洪水毁堤的危急情况。《梦溪笔谈·权智》中说：熙宁中，睢阳（今河南商丘县）界中开汴渠斗门淤田，“汴水暴至，堤防颇坏陷，将毁，人力不可制”，情况十分危急。这时都水监丞侯叔献当机立断，于汴水上游扒开汴堤，分水入一废古城中暂时滞洪，汴河下流水位下降，于是急使人修复毁陷的汴堤。第二天，汴河复注入原河道。上游决口处水内外相平而不流，也很快将决口堵塞。于是化险为夷，避免了一场洪水灾害。所以汛期放淤时，必须同时组织人力进行防洪抢险，防患于未然。否则洪水暴至，猝不及防，后果严重。

（二）放淤与航运等用水的矛盾

上游引水放淤，往往会导致下游河段水位的低落，乃至造成河道浅涩，舟船阻滞。此类事件熙宁放淤时也发生过。熙宁六年（公元1073年）一次放淤，“汴水比忽减落，中河绝流，其洼下处才余一二尺”。下流满载货物的船只，因不知放水



淤田时日，“以致减剥不及，类皆搁折损坏，致留滞久，人情不安”[30]。由于上游根据水流含淤的变化及时抢淤，当时受通讯设备的限制，不能迅速通知下游做准备，致使船只搁浅损坏，影响了漕运。之后曾采取航运服从淤灌的措施，引矾山水放淤时期，“权罢漕运三二十日”。所以引水放淤要通过技术措施处理好与漕运等其他方面用水的关系。熙宁放淤由于一定程度上影响了汴渠通航，成为反对派一条重要的反对理由。

（三）放淤工程比较粗放

放淤时凭经验施工，未进行地形测量，出现过高灌不上、过低淤不好的现象。而且“当时，人淤田，只要泛淤”[24]，“其薄如饼……可再淤厚而后止”[14]。除少量修有较完备的工程外，其余多是漫灌，无格堤，所以淤田的厚薄不一致。质量要求不严，只图数量成为当时的通病。有些地方事先未重视规划好排水系统，出现大量的清水缺乏退路，淹没农田的现象。

（四）放淤技术经验总结推广不够

嘉祐时山西引山谷水淤瘠田和淤灌农田共18 000余顷，当时编辑成《水利图经》二卷，“付州县遵行”[31]。重视淤田的技术指导和推广。但熙宁时未将此经验加以推广，同时也未及时总结放淤中的技术经验教训，颁布给下面执行，故而造成了一些本可避免的损失。

然而总的说，熙宁时期大放淤，着重利用多泥沙河流中的泥沙资源，变害为利，为农业生产服务，这一大规模的实践活动意义是深远的，取得了丰富的大范围放淤的技术经验。以后历代，虽然国家未再组织大放淤的活动，但民间放淤活动不断，并发展成水土保持的一项重要措施。一些山丘区汛期引浑水放淤，经沉淀后清水出沟，既淤地改土，又分散洪水，削减洪峰，减轻下游河床淤积，起水土保持的作用。又河工上利用放淤技术加固堤防，行之很有成效。这些可说是熙宁时期放淤技术经验的继承和发展，这些技术经验今天来说仍有着借鉴的意义。

参考文献

〔1〕华耀荣：《富平赵老峪引洪漫区的兴衰》，《陕西水利志专辑》1987年第1期。
〔2〕《宋史》卷三〇三《李防传》。
〔3〕《宋史》卷三二七《王安石传》。
〔4〕《续资治通鉴长编》卷四〇。
〔5〕宋·苏辙：《栾城集》卷一〇《进策五道·民政下》。
〔6〕《续资治通鉴长编》卷一五九。
〔7〕《宋会要辑稿》食货七之一九。
〔8〕《宋史》卷九五《河渠志五》。
〔9〕宋·沈括：《梦溪笔谈》卷二五《杂志二》。
〔10〕《宋史》卷九三《河渠志三》。
〔11〕《宋史》卷九五《河渠志五》。
〔12〕《宋会要辑稿》食货七之二〇。
〔13〕《宋史》卷三五五《杨汲传》。



〔14〕以上见《宋史》卷九五《河渠志五》。

〔15〕《续资治通鉴长编》卷三〇二。

〔16〕《宋史》卷三五五《虞策传》载：熙宁年入5060万贯；《朝野杂记甲集》卷一四称：熙宁时“合苗役易税所入乃至六千余万”。

〔17〕以上见《续资治通鉴长编》卷二三〇。

〔18〕《续资治通鉴长编》卷二六五。

〔19〕《续资治通鉴长编》卷二七九。

〔20〕宋·韦骧：《钱塘集》卷七。

〔21〕《续资治通鉴长编》卷二六二。

〔22〕《续资治通鉴长编》卷二五八。

〔23〕《续资治通鉴长编》卷二二三。

〔24〕《续资治通鉴长编》卷二六四。

〔25〕解决淤地中“三节地”的技术方法宋代无详细记载，到清代有明确记载。吴邦庆《畿辅河道水利丛书·畿辅河道管见·永定河》中说：“或谓俗有‘勤泥懒沙’之言，浊水出口多系沙淤，迤下始成泥淤，则苦乐仍属不均。”解决的方法是：“欲行此法，宜先淤下游，俟下游淤成，再移水口向上，沙淤之地，仍变泥淤，行之有效，民量无不乐从者。”

〔26〕《宋史·河渠志五》载，熙宁八年四月管辖京东淤田李孝宽言：“矾山涨水甚浊，乞开（汴梁）四斗门，引以淤田，权罢漕运再旬。”神宗从之。

〔27〕《续资治通鉴长编》卷二四七。

〔28〕《续资治通鉴长编》卷二四七引林希《野史》。

〔29〕《续资治通鉴长编》卷二六六。

〔30〕《续资治通鉴长编》卷二四五。

〔31〕《续资治通鉴长编》卷二七七。

第五章
引水渠系

隋唐时期我国引水灌渠工程又一次蓬勃发展。京畿关中地区引泾、引渭、引洛、引黄灌渠皆得到恢复和扩展，工程技术有较大进步，还对渭南众川水加以开发引用，水资源获得前所未有的广泛利用。华北三河地区的老灌区大多进行改建，技术上有所突破，效益大为提高。尤其是海河平原中部、东部地区开发加快，开挖修筑了众多的排水沟渠和堤防。由于国力强盛，唐朝曾在西北边区广泛实施戍边屯田，推动了西北灌渠的修建，渠系工程技术和管理制度都有提高。长江上游的川西平原，除扩建都江堰灌区外，还新建了不少灌渠工程，技术上也有进步。以上这些工程大部分修建于唐代“安史之乱”前，“安史之乱”后灌渠的修建工程明显减少。

宋元时期北方水利呈现衰落景象，但为了保证一些主要经济区的农业生产，在关中、华北和宁夏地区，仍对古渠进行维护和改建工程。南方汉中、襄宜地区战略地位重要，因此曾多次着力扩建古堰旧渠。对川西水利也很重视，维修工程增多。宋元时期虽然新建渠道工程不多，但因整个社会技术水平的进步，在改建灌渠时技术上多有所创新和提高。

第一节　引水灌渠的修建和扩建

隋朝统治时间短促，水利上着力关中运渠和南北大运河的建设，只在关中、中原修建过少量灌渠。唐朝以天宝十四年（公元755年）为界，可分为前后两个时期。据《新唐书·地理志》等统计，前期全国共兴修水利工程151项，其中灌渠工程有64项，主要分布在关中、华北及川西地区；后期全国共兴修水利工程85项，其中灌渠工程有15项，主要分布在河内、河套地区。

宋元时期引渠灌区虽然总的来说处于衰落状态，但宋代在熙宁水利建设热潮中，恢复和新建了不少灌渠工程。元代以蒙古族入主中原，对西北、中原的灌渠水利也较为关注。宋元时期经济重心南移，南方灌渠水利继续发展。这些因素也推动了水利工程技术的进步。

一、关中灌渠工程的恢复和扩建

隋唐建都长安，关中为京畿重地。为了满足京师粮食物资的需求，在努力开拓运渠，改善水运条件，以增加黄河下游与东南漕量的同时，积极发展关中的农业和水利。《唐六典》卷二三《都水监》称：“凡京畿之内，渠堰陂池之坏决，则下于所由，而后修之。”促使关中的灌渠水利取得不少的成就。

隋唐之前，关中的灌渠水利已有相当的基础。隋朝建立后，对关中的灌溉水利较为重视。如开皇二年（公元582年），因都官尚书元晖的奏请，引杜阳水灌三畤原，由李询主持此工程，渠成“溉舄卤之地数千顷”[1]。杜阳水即杜水，下游为今漆水。三畤原在武功县（今武功县西北）西南20里，地势较高。又三畤原西北大



业元年（公元605年）设置普润县（今麟游县西北），“盖以杜、漆岐三水灌溉民田，民获济利，以为县名”[2]。可见在漆水河一带的原上，新建了一些灌溉渠道。《隋书》卷二九《地理志上》记载，在武功县有永丰渠、普济渠，泾阳县有茂农渠，下邽（今渭南县东北）有金氏陂，华阴有白渠，皆有灌溉之利。这些都为唐代全面恢复和扩建关中灌渠打下一定的基础。

唐代最早修建的灌渠，是历代灌溉效益突出的引泾郑白渠。《新唐书》卷三七《地理志一》载：武德二年（公元619年），引白渠水注入下邽县金氏二陂，以浇灌在这一带设置的屯田。下邽县治所在渭河北岸石川河东的下邽镇，金氏陂在下邽县东南50里。这里明确记载郑白渠又向石川河以东供水了，灌区效益已经恢复。永徽六年（公元655年），虽然当时权贵豪富竞相在渠道上设置水碾硙，“堰遏费水，渠流梗涩”，郑白渠灌溉面积仍达“一万许顷”[3]。唐制一亩约合0.8市亩[4]，一万顷合80万亩。战国时郑国渠灌溉面积“四万顷”，折成今亩为115万亩，但实际上因水量不足，实灌面积要大打折扣。而唐代灌区内水稻田面积比从前大为增加。如《唐会要》卷八九《碾硙》载：广德二年（公元764年），李栖筠废郑白渠上碾硙70余所，“以广水田之利，计岁收粳稻三百万石”。岁收粳稻数很大[5]。又郑白渠灌区为保证水稻田的生产，后来还大力推广水车灌溉。这些说明其时水稻种植面积确实不小。水稻的需水量至少比旱作多一倍至数倍。如将这一因素考虑进去，唐代的灌溉面积与秦汉时就相差不多了。属于郑白渠系统的渠道，在云阳县（今三原县西北）和三原县（今三原县东北）交界一带，还有六道小渠，《元和郡县志》卷一认为就是汉代的六辅渠，今“犹有存者”，仍在发挥作用。

“安史之乱”后，关中遭到战争的破坏。之后，因中原被藩镇割据，关中的粮食物资供应只能依靠东南，运输路途遥远，因此对京畿地区的农业生产和水利事业不得不加以重视。郑白渠是关中重要的水利工程，多次进行修治，同时对霸占渠水设置水碾和水磨营利的做法进行整治。如大历初工部侍郎李栖筠举奏其弊：“郑白二渠为豪家贵戚壅隔上流，置私碾百余所，以收末利，农夫所得十夺六七。”[6]于是同意将碾硙悉毁之，恢复了灌溉效益，“岁得租二百万，民赖其人”[7]。但因王公贵戚的贪婪，到大历中，“泾水为碾硙拥隔，不得溉田”，灌溉面积下降到6200余顷[3]。大历十三年（公元778年）再次拆毁郑白渠碾硙80余所。之后，宝历元年（公元825年），高陵县令刘仁师对白渠进行有效的改建工作。当时泾阳县的豪强乘势霸占渠道上源，致使下游的高陵县得不到灌溉。刘仁师几次上告于朝廷，终于得胜，于是更修新渠和新堰，渠名刘公渠，堰名彭城堰[8]。大和元年（公元827年），京兆府又修高陵、醴泉、富平等十县渠堰斗门。后又对管理机构作了调整，加强了巡查督促修造工作[6]。

唐代关中还建成了一个与郑白渠齐名的“渭白渠”，此渠即引渭水的成国渠，唐代进行了大规模的改建，扩大了灌溉面积。如贞观年间（公元627～649年）组织九州夫匠，全面恢复西汉、曹魏兴建的成国渠道，重点修建六门堰，“沉铁牛铁剑以御魑魅”[9]。六门堰是成国渠与漆水河相交处的枢纽工程，它能汇集和控制上源数路来水，以保灌区安全和灌溉用水，所以在永徽四年（公元653年）、圣历中（公元699年）、久视元年（公元700年）、大历十二年（公元777年）都进行过修



治。咸通时六门堰因年久失修，影响农田无水灌溉而歉收。咸通十一年（公元870年）借内藏钱28980贯以修堰，于十三年完工。“其渠合韦川、莫谷、香谷、武安四水，溉武功、兴平、咸阳、高陵等县田两万余顷，俗号渭白渠，言其利与泾白不相上下”[10]。说明六门堰的修护很是重要，在技术上比前代有了突破，故而灌溉效益大为扩大。

唐代又修建了六门堰上游的升原渠。升原渠建于咸亨三年（公元672年）。《新唐书》卷三七《地理志一》凤翔府宝鸡县下载：县“东有渠，引渭水入升原渠，通长安故城，咸亨三年开”，即咸亨三年开了通过宝鸡县东的渠（即成国渠），引渭水入升原渠。对升原渠的源流，《长安志》卷十四兴平县条下记载：升原渠“其原出汧水，自凤翔虢县（今宝鸡县）城西北原，流至武亭，合流数里，西南至六门堰，东成国渠合流，西南出县界，以其升原而流故名之。唐垂拱初（公元685～688年）运岐陇木，今涸”。又载：“升原渠在县南一十五里，西自武功县流入县界凡六十里，溉田七十余顷。”此兴平县南15里的升原渠，所指实是西汉时成国渠的恢复，走向低，灌溉面积不大，以运输为主，因与上游的升原渠通运输，故亦称升原渠。曹魏成国渠引渭也引汧水，但渠道未伸展到周原上，唐代才延伸上了周原。

在关中东面的同州，唐代重建了引黄引洛灌渠工程。《新唐书》卷三七《地理志一》记载，唐高祖武德七年（公元624年），治中云得臣自龙门引黄河溉韩城县田六千余顷。引黄灌溉技术难度大，西汉武帝时曾动用数万人施工，引黄灌溉汾阴（今万荣县西南）、蒲坂（今永济县西）田地，因黄河主流摆动离开渠口，使用未几年就废弃了[11]。唐代引黄灌溉的成功，说明唐代的水工技术有了长足的进步。

开元七年（公元719年），在同州刺史姜师度主持下，“于朝邑、河西（今合阳县东南）二县界，就古通灵陂，择地引雒水及堰黄河灌之，以种稻田”[12]。通灵陂位于朝邑县（今陕西大荔县东南朝邑镇）北四里230步。这一带地势低洼，地下水位高，盐碱地分布广。姜师度采取引洛水堰黄河灌通灵陂洼地，通过种稻洗盐，使“弃地二千顷为上田，置十余屯（田）”，“收获万计”[13]。第二年九月唐玄宗特下诏褒美，诏书中说：姜师度“首开沟洫”，成“原田弥望，畎浍连属，由来榛棘之所，遍为杭稻之川”的功绩，于是“加金紫光禄大夫，赐帛三百匹”[14]。可见唐代引洛灌溉也比前代有发展。

渭南地区北靠秦岭，从秦岭北坡流下多条山溪水，唐代对这些水资源进行了较充分的利用，大体形成以长安、华阴为中心的渠网。长安是京城所在地，唐代长安附近的沣、滈、灞、浐、潏、涝等诸水皆有开发，形成渠道纵横交错的格局，有谓“八水绕长安”之说。据宋敏求《长安志》卷十一、卷十二载，早在隋代开有引洨水的永安渠、引潏水的清明渠和引浐水的龙首渠，唐代又开引义峪水的黄渠、引潏水运南山炭薪的漕河[15]及通关东漕运的漕渠[16]等。这些渠道除供长安城用水，方便运输外，还用于灌溉。华阴一带溪流源短流急，易涨易落。唐代为改善水利状况，化害为利，开有多条小型渠道。据《新唐书》卷三七《地理志一》记载，开元二年（公元714年），陕州刺史姜师度在华阴县西24里处开敷水渠，以疏排洪涝；开元五年，刺史樊忱又加以疏凿，接通了渭水的漕运。在郑县（今华县），开



元四年姜师度开利俗渠引乔谷水，又于县东南15里开罗文渠，引小敷谷水，发展农田灌溉，并筑堤防洪。唐代渭南灌渠的增多，促使稻田生产有了发展，当时设有京兆尹稻田判官，负责稻田事务[17]。

总之，唐代关中地区的灌溉水利取得了相当大的成效。灌溉网分布普遍且密集，引泾灌区、引渭灌区、引洛引黄灌区、渭南灌区皆有发展，其中郑白渠和成国渠灌溉面积最高达二万顷之多[18]。灌溉面积的扩大与水工技术的进步有关，唐代关中灌渠工程在渠首建筑、渠道布置、渠道枢纽建筑技术等方面皆有不少提高，灌区的灌溉管理也得到加强，因此唐代关中灌溉水利又达到了新的兴盛期。唐代关中水利的发达对农业生产促进作用很大，大片的盐碱地得到改良利用，稻作面积大为扩展，麦类种植更加普遍[19]，出现了粟麦结合的两年三熟制。稻、麦皆是需要灌溉的高产作物，关中稻麦种植的增多就是因有较好的灌溉条件作为保证。

宋元时期关中地区的水利着重于引泾灌渠的维护。据《宋史·河渠志》、《元史·河渠志》等统计，泾渠宋代较大的维修有六次，元代为七次①，主要进行渠首改建和防洪防沙设施的增设。由于泾河河床的下切，原有渠首引不上水，渠首逐渐向上游移动。宋大观二年（公元1108年）兴建的渠名为丰利渠，元延祐元年（公元1314年）兴建的渠叫王御史渠，渠首工程技术水平有较大提高。

二、华北地区灌溉渠系的发展

华北地区开发历史悠久，唐代设置有河东道、河南道及河北道，是重要的农业经济区。唐代前期重视兴修灌排水利，促使农业生产有相当程度的发展。当时唐政府的税粮虽然逐渐趋向依靠东南地区，但华北仍是唐王朝的主要财赋供应之地，故对水利的重视仅次于关中地区。

河东道的范围包括今山西省和河北省西北的部分地区，毗邻关中地区，其战略地位重要，转输漕粮便利，所以注意发展该地区的农业生产和农田水利。灌溉水利多兴修于晋中盆地。该地区汾河从中穿过，汇集了众多的山溪水，还分布有众多的泉水，水资源丰富，因而是农业生产的主要基地。据《新唐书·地理志三》等史料记载统计，唐代河东道共兴修农田水利工程19项，其中18项兴建于中唐以前，工程类型都是引水灌渠。其分布的地区主要在太原府（治今山西太原市）、晋州（治今山西临汾市）、绛州（治今山西新绛县）及蒲州（治今山西永济县西南蒲州镇，开元后改为河中府），引取的水源主要是汾水及其支流，还大量开发泉水灌溉。

唐代兴修的引河溪水的灌渠[20]：太原府文水县于武德二年（公元619年），在县西十里开引文水的常渠；贞观二年（公元628年）开引文谷水的栅城渠，溉田数百顷；开元二年（公元714年）在县东北凿甘泉渠、荡沙渠、灵长渠、千亩渠，俱引文谷水，“传溉田数千顷”。

晋州临汾县于武德中在县东北十里建高梁堰，引高梁水溉田，渠水又引入百金

① 引泾灌渠的维修，宋代有乾德中、淳化二年（公元991年）、至道元年（公元995年）、景德三年（公元1006年）、熙宁五年（公元1072年）、大观元年（公元1107年）共六次；元代至元年间，大德八年（公元1304年），至大元年（公元1308年）、四年，延祐元年（公元1314年），天历二年（公元1329年）共六次。

泊，形成渠塘串联的形式；永徽二年（公元651年）在县东25里建夏柴堰，改引滈水溉田，还将滈水引入百金泊。

绛州曲沃县于永徽二年（公元651年）在县东北35里开新绛渠，“引古堆水溉田百余顷”。古堆水即滏水。闻喜县于仪凤二年（公元677年）开有沙渠，引中条山水，灌溉涑水南面的田。

蒲州虞乡县（今永济县东）于贞观十七年（公元643年）开涑水渠，从闻喜县境引涑水下入临晋（今临猗县西南），渠道横跨好几个县。龙门县（今河津县）于贞观间筑有瓜谷山堰、十石垆渠、马鞍坞渠，“溉田良沃，亩收十石”。

此外，绛州有引汾水的灌溉规模甚大。《新唐书》卷九八《韦武传》记载：“唐德宗贞元间（公元785~804年）韦武任绛州刺史，开凿引汾水的灌渠，“灌田万三千余顷”。成为当时突出的大型引水灌溉工程，说明河东道的灌渠工程技术有了很大的进步。

唐代晋中开发利用的泉水有太原的晋祠泉、榆次的源涡水、临汾的龙洞泉、赵城（今洪洞县北）的霍泉、绛州的鼓堆泉、蒲州的瀵泉等。

太原西南的晋祠泉，下流成晋水，战国初就建成有名的智伯渠，历代加以修治用以灌田。唐初武德间（公元618~626年）“屯田太原，以省馈运”，“岁收粟十万斛”[21]。应主要利用晋水灌田。原来引晋灌溉只有两条分干渠，隋代又增一条南干渠。唐代贞观中（公元627~649年），将晋水引入晋阳东城中供居民用水，渠道“架汾”，即横跨汾水处修建了大型渡槽（《新唐书·地理志三》）。架汾渡槽的建造表明当地水工技术有了明显的提高。后来宋代熙宁间太原人史守一又修晋祠泉水利，溉田600余顷[22]。榆次县的源涡水，其泉自平地涌出，南流会洞涡水，“唐贞观中，县令孙湛常令民引渠以溉田”[23]。临汾龙祠泉位于县西南30里的平山脚下，泉水也名平水、平阳水等。前赵列渊占据河东时，已掏挖利用龙祠泉。唐贞观年间，尉迟恭督开了各长30里的南横渠和北磨河两条干渠[24]。后代在此基础上陆续开了16条支渠，浇灌临汾、襄陵（今临汾县东南）两县田数百顷。赵城县（今洪洞县北赵城）在唐代引霍泉溉田。霍泉发源于县东北20里霍山南麓广胜寺下，贞观时于泉源下流百步许分水，开南北两渠，溉田454余顷[25]。绛州鼓堆泉发源于今新绛城西北25里的九原山之西，其山西北有堆，如复釜形，步履其上有声如鼓，故泉叫鼓堆泉。隋代开皇十六年（公元596年），内军将军、临汾县令梁轨疏导泉源，开渠12道，建闸激水，灌田500顷，又引余波贯城蓄为池沼[26]。蒲州有著名的自流涌泉——瀵泉。《水经注·河水四》记载了利用汾阴（今山西万荣）瀵泉种稻的情况。隋文帝时杨尚希任蒲州刺史时，“引瀵水，立堤防，开稻田数千顷，民赖其利”[27]。唐代瀵泉继续发挥灌溉作用。隋唐时期河东引泉灌溉的发展，使引泉工程技术得到了提高。

河南道辖有今山东、河南两省黄河故道以南（唐、白河流域除外）和江苏、安徽两省淮河以北的地区，是唐代东都洛阳所在地。这一地区汉魏以来兴修了众多的灌溉工程。隋末战争中大多坏废，唐代进行了广泛的修治。工程类型除陂塘外，还修建了一些较大的引水灌渠和陂渠串联工程。如虢州弘农县（今河南灵宝县）引鸿胪水溉田四百余顷[28]。蔡州新息县（今河南息县）西北50里有玉梁渠，始于



隋代仁寿（公元601～604年）中修筑，大约引慎水作水源，唐代开元时开浚疏导，渠道连通16所官陂，构成陂渠串联的形式，溉田3 000余顷[29]。汝阳县（今汝南县）有苍陵堰，唐代建，堰汝水溉田千顷[30]。河南道灌溉水利的全面修治，使不少地区的水稻种植业得到恢复。开元二十二年（公元734年），派遣张九龄为河南开稻田使，“于许、豫、陈、亳等州置水屯”[31]。种水稻必须引水灌溉，可见当时灌溉工程有了很大恢复和发展。

河北道辖境相当于今北京市、天津市、河北省、辽宁首大部，河南、山东古黄河以北地区。唐代前期对一些古老的灌渠，如引沁灌渠、漳水渠、太白渠进行大的改建活动，又开发引洹、引泸沟水等灌区。另外，在海河平原的中部、东部兴修不少排涝防洪工程。

引沁水灌溉历史悠久，先秦时已建有枋口堰，曹魏时重修，隋唐皆有大的修建活动，唐元和六年（公元811年）已有广济渠之名，大和五年（公元831年）节度使温造浚治后，溉济源、河内、温、武陟田5 000顷[32]。宋代仍有修治活动。元代中统二年（公元1261年）在沁河上修建拦河石坝抬高水位引水，工程规模巨大。

创建于战国时的漳水渠，曹魏更修后名天井堰，东魏改建叫万金渠，北齐时称天平渠，渠首已移至邺镇西30里的西高穴村西北，为单一渠首。唐代重修天平渠，并扩建金凤、菊花、利物等支渠，增加了灌溉面积。此外咸亨三年（公元672年）在尧城（今安阳市东40里）北45里开引漳水的万金渠，下入北齐时开的都领渠[33]。天平渠和万金渠皆引漳水，主要灌溉安阳以北及临漳一带田地。唐中期后漳水渠缺乏维修，至北宋初“水卑岸高，渠已堙塞”。相、魏、磁、洺地区累遭漳水决溢为害，田地重又斥卤，不可耕种。天圣四年（公元1026年），监察御史王沿提出“筑堰开渠”的修建计划，不久王沿任河北转运使，“导相、卫、邢、赵水下天平、景祐诸渠，溉田数万顷”[34]。漳水渠灌区有了很大的恢复。元代中统三年（公元1262年）因王允中的奏请，又开浚引漳渠道。清代人记载了万金渠旧迹，干渠从西高穴村至大青龙渠长6 300丈，分支渠约十道[35]。

洹水位于漳水南。唐咸亨三年（公元672年），相州刺史李景在安阳西20里开高平渠，引安阳水（即洹水）东流溉田，下入广润陂[33]。高平渠主要浇灌安阳西境之地，宋代改名为千金渠，以后又称万金渠，宋元时皆疏浚过。

太白渠水源引自绵曼水（即今滹沱河），始建年代约在西汉时。《汉书》卷二八上《地理志上》常山郡蒲吾县下载：“大白渠水首受绵曼水，东南至下曲阳入斯洨。”汉蒲吾县治所在今河北平山县东南蒲吾，下曲阳治所在今河北晋县西。太白渠灌区在唐代有大规模的扩建工程，据《新唐书·地理志三》记载，灌区包括今平山、石家庄、获鹿、正定、藁城、束鹿、赵县等市县之间的大片农田，工程技术颇具特色。宋以后，太白渠不再见到记载，已经堙废。

在今北京和河间县附近，唐代兴修了一些较大的引水灌渠。《册府元龟》卷四九七载：永徽中（公元650～655年），检校幽州都督裴行中引泸沟水（今永定河）“广开稻田数千顷，百姓赖以丰给”。《新唐书·地理志三》记载，河间县开有两条长丰渠：一条在县西北100里，贞观二十一年（公元647年）开；另一条在县西



南五里，开元二十五年（公元737年）开，自東城（今河间县东北）、平舒（今大城县）引滹沱河东入淇通漕，并溉田500余顷。

唐代在积极兴修河北灌溉水利的同时，也十分重视这一地区的防洪排涝。由于海河平原地势低平，地面坡降很小，一般为万分之一，沿海低地小至十万分之一以上，排水不畅，洪涝水的威胁严重。为发展生产，唐代在平原中部和东部开挖了多条排水沟。如永徽元年（公元650年）刺史薛大鼎重开沧州无棣县（今河北盐山县东南的无棣沟），同时“又疏长芦、漳、衡三渠，泄汙潦，水不为害”[36]。开元十六年（公元728年）再次开浚无棣河，并开清池县（今沧州市东南）东南的阳通河。久视元年（公元700年）在德州平昌县（今山东临邑县东北）疏浚马颊河，当时称为“新河”。神龙三年（公元707年）姜师度开浚贝州经城县（今河北威县北经镇）的张甲河，此河汉代是屯氏河的支流，曾分排黄河水，后黄河南徙，张甲河转排当地洪涝水。开元四年（公元716年）在莫州任丘县开通利渠，泄陂淀之水入滱（即唐河），排水得地200余顷。开元中在赵州柏乡县浚筑千金渠、万金堰，以疏排潦水。元和八年（公元813年）在卫州黎阳县（今河南浚县东北）开排水新河14里，解除了上游滑州的水患[33]。

唐代在河北所筑防洪涝的堤防甚多。据《新唐书·地理志三》载，以漳水堤最多，当时漳水主流所经的鸡泽（今鸡泽南）、南宫、武邑、堂阳（今新河县西北）、清地（今河北沧州市东南）等地都筑有堤防。永济河堤防筑于清池县处。洺水、沙河、徒骇河等也筑有局部堤防。见下页图3-5-1-1。

从上述可见，唐代河北农田水利的兴修明显增多，修筑的地域范围有了扩大，工程类型和规模也有增加，在太行山东麓发展灌渠工程，平原中部和东部开挖排水河道和修筑防洪堤防，这为后代全面治理平原水利打下了基础。工程大多修建于唐代前期，促进了该地农业经济的发展。天宝十四年（公元755年）颜杲卿称：“今河北殷实，百姓富饶，衣冠礼乐，天下莫敌。”[37]反映了当时河北经济的富实。

宋元时期经济重心南移，华北地区黄河泛滥频繁，故影响了灌溉水利的兴修，这一时期仅有少数规模较大的引水工程修建。如熙宁二年（公元1069年），汴河两岸引汴、京、索诸河及36陂之水灌溉，使原来的二万余顷牧马之地得到开发利用，成为膏腴稻田。元代郭守敬对华北水利提出过出色的建议，要求恢复引漳、引沁灌溉，得到元世祖的赞赏。

三、西北地区灌溉渠系的发展

唐朝前期国力强盛，疆域辽阔，实行巩固边防，奖励农垦的政策，推行均田制，西北农区得到恢复和扩展。为遏制突厥和吐蕃的侵扰，还在今内蒙古、宁夏、甘肃和新疆驻军屯田。据《唐六典》卷七记载，全国共有屯田1 140屯，其中西北567屯，占有土地28 350顷。西北地区气候干旱，农业生产有赖水利，屯田需要兴修水利，水利又支持屯垦，形成汉代以来西北边区灌渠水利发展的又一次高潮。宋朝时期统治西北地区的为西夏等少数民族政权，西夏在河西甘（今张掖）、凉（今武威）之间，宁夏兴（治今银川市）、灵（今灵武西南）之间经营农业，种植稻麦，大力发展灌渠工程。元代在西北仍有一些维护和兴修灌渠的活动。灌渠工程技术在前代的基础上不断提高。



宁夏河套地区是古老的引黄灌区，唐代在此设置灵州，灌渠工程建设有了重大发展，不仅恢复了汉代以来的旧渠，还开挖一些规模颇大的新渠。宁夏银川平原的河西地区有汉渠（即汉延渠）、御史、百家、尚书、胡渠等八渠，还建成了一条大干渠——唐徕渠；河东地区有薄骨律渠、光禄渠、七级渠、特进渠等。卫宁平原前

图3－5－1－1　唐代海河水利示意图

（采自《中国自然地理·历史地理》）

图中渠陂名代号：1. 高平渠；2. 天平渠；3. 菊花渠；4. 金凤渠；5. 鸬鹚陂；6. 万金渠；7. 利物渠；8. 沣水渠；9. 千金渠；10. 新渠；11. 毕泓陂；12. 广润陂；13. 宁晋渠；14. 大唐渠；15. 礼教渠；16. 通利渠；17. 羊令渠；18. 赵照渠；19. 葛荣渠；20. 堂阳渠；21. 阳城渠；22. 天井渠；23. 通利渠；24. 长丰渠；25. 孤山渠；26. 渠河塘；27. 平虏渠；28. 窦建德渠。

代未见大规模农垦的记载，但唐代万岁通天元年（公元 696 年）在今中卫县设置丰安军，有屯田兵 8000 人，“屯田二十万以上”[38]。开垦了大量的农田，估计大部分农田要引用流经于此的黄河水灌溉。

公元 1002 年，党项族李继迁攻占灵州，1032 年建立西夏。银川平原是西夏的政治经济中心，为发展农业生产，西夏对汉唐古渠进行全面疏浚整治，还兴修了吴王渠等新渠，这时灌溉事业呈现繁荣景象。元初战乱，引黄灌渠“废坏淤浅”，在郭守敬主持下，对灌渠全面维护整修，恢复了灌溉效益。

河西、河湟地区是唐蕃古道所经之地，战略地位重要，唐朝派重兵驻守，大规模地进行屯田，促进了灌溉水利的发展。长安元年（公元 701 年）在河西凉州地区凉州都督郭元振“遣甘州刺史李汉通阚屯田，尽水陆之利，稻收丰衍。旧凉州粟斛售数千，至是岁数登，至匹缣易数十斛，支廥十年，牛羊被野”[39]。这时期甘州（治今张掖县）的水利发达。武则天时期陈子昂指出：“甘州诸屯，皆因水利，浊河溉灌，良沃不待天时，四十余屯并为奥壤，故每收获常不减二十万（石）。”[40]甘州常年贮粮 40 万石，故有余粮供应瓜（治今安西县锁阳城）、肃（治今酒泉县）等州。瓜州当地也修筑有渠堰工程，“以雪水溉田”[41]。沙州（治今敦煌县西）利用甘泉水（今党河）的灌区有五道分水堰，九条干渠，支渠 90 余条，组成一个完整的灌溉网络，滋育着敦煌绿洲的土地，水工技术大为提高。唐代开元时，沙州粮食丰裕，还有余粮调入关中，“沙州敦煌道，岁屯田，实边食，余粟转输灵州，漕下黄河，入太原仓，备关中凶年”[42]。由于河西灌溉事业的发展，促进了农业生产的繁盛，天宝时，出现了“天下称富庶者无如陇右”的景象。中唐以后，河西为吐蕃占领，宋代又被西夏占据，但灌溉水利始终不断。元代在河西设置屯田，各绿洲灌溉又有恢复和发展。如元初在居延屯田，开渠灌溉。《元史》卷一〇〇《兵志三》载，元世祖至元二十三年（公元 1286 年），“迁甘州新附军二百人，往屯亦集乃合即渠开种，为田九十一顷五十亩”。亦集乃治所在今内蒙古自治区额济纳旗东南（古黑城）。又《元史》卷一四八《董文用传》载：“至元改元（公元 1264 年），召为西夏中兴等路行省郎中……始开唐徕、汉延、秦家等渠，垦中兴、西凉、甘、肃、瓜、沙等州之土为水田若干，于是民之归者户四、五万。”

河湟地区，唐高宗时为御吐蕃，于永隆元年（公元 680 年）派黑齿常之为河源军经略大使（驻今西宁市），加兵镇守，“遂远置烽戍七十余所，度开营田五千余顷，岁收百余万石”[43]。长寿二年（公元 693 年），娄师德也在河湟一带营田[44]。天宝八年（公元 749 年），哥舒翰率兵十万攻下石堡城（今湟源县南），“遂以赤岭为西塞，开屯田，备军实”[45]。这些屯田活动，定将推动河湟地区灌渠水利的建设。宋代在河湟地区亦有屯田活动。《宋史》卷三五七《何灌传》载：重和间（公元 1118 年前后），何灌“知岷州，引邈川（今青海乐都南）水溉闲田千顷，湟人号广利渠”。何灌还在今西宁、化隆一带招募 7400 多名弓箭手，修葺汉唐引河、湟水故渠，得良田 26000 多顷，解决了军饷费用。

新疆天山南北屯田的经营始于唐太宗贞观年间。《旧唐书》卷一九六《吐蕃传上》记载：“贞观中，李靖破吐谷浑，侯君集平高昌，阿史那社尔开西域，置四镇……于是岁调山东丁男为戍卒，缯帛为军资，有屯田以资糗粮，牧使以娩羊马。大



军万人，小军千人，烽戍逻卒，万里相继。”当时设置安西都护府（治龟兹，今库车），统于阗、碎叶、疏勒、龟兹四镇。长安二年（公元702年），又增置北庭都护府（治庭州，今吉木萨尔北破城子），统率瀚海、天山、伊吾三军及屯田。瀚海军治即在庭州城内，屯田规模可能超过天山（西州，治高昌，今吐鲁番）伊吾（伊州，治今哈密）军。据考古发现及史料记载，唐代屯垦地区主要在今焉耆、库车、轮台、吐鲁番、巴里坤、哈密、吉木萨尔、米泉等地[46]。前代屯田多在山南进行，唐代屯田由南疆向北疆发展，说明灌溉水利的开发出现了重大变化，水利技术也随内地屯田士卒带入山北。灌溉水利还发展到怛罗斯川（塔剌斯河）的怛罗斯（今江布尔）。

南疆的吐鲁番地区解放以后出土了十六国时期及唐代的许多文书。从《吐鲁番出土文书》书册中获知唐代高昌附近有许多渠道，从堤堰引水构成了灌溉水网。距高昌城20里的新兴谷（约为胜金口内之峡谷）内有“堤堰一十六所，修塞制单功六百人”，城南有“草泽堤堰及箭干渠，制用单功八百五十人”[47]。堰闸渠道布置甚密，根据惯例每年都要“差人夫修塞”，动用的人工甚多。

北疆在今沙湾县大拐附近，有唐朝渠遗迹，相传为唐朝所开[48]。1944年9月，新疆水利勘察总队实地踏看时见此渠“废沟残壁，犹可寻见”[49]。13世纪契丹人耶律楚材游西域时，曾在唐碎叶遗址西300里塔剌斯城外见到唐代屯田水利遗址。他在《西游录》中记载：“川北头有钜丽大城（即塔剌斯城），城外皆平原可田，唐时凿渠道南山，夹为石牐以行水，牐脊跨坚岸，有唐节度参谋、检校刑部员外郎、假绯鱼袋，太原王济之碑。”[50]塔斯剌城位于塔剌斯河流域，数百里间一片平川，当时隶属于安西都护府管辖。石闸与渠道当是安西节度参谋王济组织建造的。渠首工程位于地势高的南山处，修有石闸引水，石闸地基坚固，技术水平甚高，也可见屯田水利对水工技术西传起了很大作用。

元代在新疆也设置军屯，阿力麻里（今霍城东北）、别失八里（今吉木萨尔破城子）、和阗、曲先（今库车）、高昌等处是驻军重地，屯田水利仍有发展。北疆的乌伦古河、伊犁河及楚河一带皆有渠道灌溉。常德于公元1259年经阿力麻里城，“亲见当地市井流水交贯，所过亦堵两山间，也是土平民夥，沟洫映常”[51]。

四、南方地区灌溉渠系的扩建

南方灌渠工程兴建的地区主要在川西、襄宜、汉中盆地，地形较为平坦，水资源丰富，经济地位重要，隋唐宋元灌渠工程及其技术有较大提高。

唐前期在川西地区兴修了许多灌渠工程，尤其着力都江堰工程的维护，增建新的堰渠，使灌区向西北、东南方面大为扩展，体现了水工技术的进步（详见下节）。川西其他地区也兴建不少灌渠工程。如开元二十八年（公元740年）益州长史章仇兼琼在新津西南二里建通济堰，灌溉新津、彭山、通义（治今眉山）县农田1600顷。章仇兼琼又在眉州（治今眉山）东七里蟇颐山下筑蟇颐堰，障岷江溉眉山、青神田72000亩，工程“分东、中、西三大堰，大小筒口百余道”[52]。之后，大和中（公元827~835年）青神又凿山开渠，引岷江水溉田200余顷[53]，后来称为鸿化堰。此外陵州籍县（今仁寿县西北籍田镇）东五里兴建有汉阳堰，引汉水溉田200顷。汉州雒县（今广汉县）有堤堰，“溉田四百余顷”。还建有绵州



神泉县（今安县南）北20里折脚堰，龙安县（今安县东北）东南23里云门堰，魏城县（今绵阳县东北）北五里洛水堰，罗江县（治今德阳县罗江镇）茫江堰和杨村堰等。

川西地区经过大力兴修水利，唐代农业生产有了很大发展。人们赞誉成都平原“天孙（织女星）纵有闲针线，难绣西川百里图”[54]。故有“扬一益二”[55]之说，蜀地已成为全国最富盛的地区之一了。

宋代都江堰灌区发展为三派，14分支和九大堰，灌溉12个县。元代改进鱼嘴修筑技术，以求牢固。这一时期都江堰的管理制度和岁修制度更加成熟。

宋代在襄宜地区改建秦汉古渠，建成规模颇大的长渠和木渠。又对汉中山河堰大力维修扩建。这些工程体现了当时较高的灌渠工程技术水平。

第二节　重要的灌渠工程技术成就

隋、唐、宋、元时期对不少著名的灌渠工程进行了修治和扩建，在技术上克服了许多困难，不断加以改进，水资源的利用更加合理充分，扩大了灌区规模，增加了灌溉面积，使原有的灌渠工程又获得蓬勃生机。主要的有关中的引泾灌渠、河内的引沁灌渠、宁夏的引黄灌渠、襄宜地区的长渠和木渠、汉中的山河堰和川西的都江堰等工程。

一、关中引泾灌渠工程

隋、唐、宋、元时期关中水利重点放在泾渠的修建上，努力进行渠首段的改建和渠系的扩建，工程技术有许多进步。

（一）渠首段的改建

1. 唐代的石翣和洪门。

泾渠，唐代称郑白渠、三白渠。渠首处由于泾河河床刷深，水势渐下，与渠口相悬，大约唐后期泾水已不能直接引入渠中，于是在泾河上建拦河石坝，抬高水位引水，称为石翣。石坝的规模很大，“修广皆百步，捍水雄壮，谓之‘将军翣’”[56]。“其作堰之法，或云皆用大石方四五尺者，锢之以铁，秋之如陵……故虽骇浪不能坏”[57]。泾河上建坝首次见于记载，坝用方石砌成，用铁锭等加以联锢，表明当时水工技术的进步。此外，与将军翣共同组成了引水枢纽的工程还有渠口闸门，当时称为洪门，由六石门组成。《宋史》卷九四《河渠志四》载至道元年（公元995年）皇甫选说：“三白渠，旧有六石门，谓之洪门。”渠口闸的规模较大，故引水能力亦大。

2. 宋、元渠首的上移及石囷。

宋初，石翣已坏。淳化二年（公元991年），杜思渊上书说：“泾河内旧有石翣以堰水入白渠，溉雍、耀田，岁收三万斛。其后多历年所，石翣坏，三白渠水少，溉田不足，民颇艰食。乾德中（公元963～967年），节度判官施继业率民用梢穰、笆篱、栈木，截河为堰，壅水入渠。”此时改为修建木堰。木堰的材料采用梢料、木料，修筑较简便，“缘渠于民，颇获其利”[56]。但木堰易被洪流冲毁，壅水效果也差些，因此灌溉面积只有2000顷。为了减轻当地百姓每年修堰的负担，决定再修石堰，遣将作监丞周约已等董其役，因工程浩大（河床比唐后期更深



了），没有修成。

至道元年（公元995年），派遣大理寺丞皇甫选等视察三白渠，他们建议放弃已隤圮的引渠口，“欲就近度其岸势，别开渠口，以通水道”。这一工作在景德三年（公元1006年）得到实施。由太常博士尚宾主持，“自介公庙回白渠洪口，直东南合旧渠”。是在介公庙处开渠口，其下渠道仍合白渠。建成后效果很好，“水利饶足，民获数倍”。（《宋史·河渠志四》）到庆历七年（公元1047年），“溉田逾六千顷”[58]。

熙宁时重视三白渠的修治，特派遣都水监丞周良孺筹划三白渠的改建工作，朝廷批准他的从原白渠洪口北移向上游开渠的方案。熙宁七年（公元1074年），由泾阳县令侯可主持改建工程，“自仲山旁凿石渠，引泾水东南与小郑泉会，下流合白渠”。翌年春渠已凿十之三，惜因“岁歉弛役”[59]，只能每年采用筑堰的方法堰入水渠。后34年，经主客员外郎穆京上疏建议，遂命永兴军提举常平赵佺主持渠事。工程于大观二年（公元1108年）九月兴工，在小郑渠的基础上，继续对三白渠渠首进行改建，到四年九月告竣。这次工程规模甚大，从泾水上流沿山脚凿石渠长3 141尺，上宽14尺，底宽12尺，浅深随山势，其最深处达38尺；修土渠3 978尺，上宽50尺，底宽18尺，浅深随地形，其最深者75尺，北接石渠，东南连白渠故渠。石渠共用490 866工，土渠共用267 984工。这次所凿石渠比泾水水面深5尺，“能平导渠水”，无“修堰之弊”，灌溉效益大增，“溉七县之田，一昼一夜所溉田六十顷，周一岁可二万顷”[60]。“上嘉之，诏赐名曰丰利渠”[59]。丰利渠使用时间达200多年。

丰利渠渠口还凿有两条引渠。蔡溥《开修洪口石渠题名记》（载《长安志图·泾渠图说·渠堰因革》）称：“渠成，惟石渠依泾之东岸不当水冲，乃即渠口而工入水凿二渠，各开一丈，南渠百尺，北渠百五十尺，使水势顺流而下。”开有两条引渠以顺导水流，减轻水流对渠道的冲击。

丰利渠引水干渠在石岸坡上开凿，沿线石渠与河道之间，砌石堤束水。因石渠离河道不远，修筑石堤可防泾水冲坏或淤塞渠道。

元代时，因河床下切，复于泾水上筑堰壅水入渠。大德八年（公元1304年）“泾水暴涨，毁堰塞渠”。陕西行省命屯田府总管夹谷伯颜帖木儿及泾阳尹王琚主持修理疏导，改进了筑堰的方法，“编荆为囤，贮之以石”，即用荆条编为大筐，中间填满石头，这称之为石囤或石困。每困用椽48条，擗稷二条，枣条60担，石5 750立方尺。石困成行布置，每行用石困106个，共计11行，总用困1 166个。石困之间填以草土以止水。堰东西长850尺，宽85尺，“当河中流，直抵两岸”，所建为石困拦河坝，以壅水入渠[61]。所建石困堰，“囤行广密，委是坚牢”，遇水涨时，只有部分损坏，每岁修理用工不多。然而建石困堰终非长久之计，四年后，至大元年（1308年）王琚任监察御史，又建议于丰利渠上更开石渠。工程从延祐元年（公元1314年）兴工，到至元五年（公元1339年）完工，石渠长51丈，阔一丈五尺，深二丈[62]，后人称为王御史渠。

3．宋、元防洪防沙设施。

泾河含沙量高，水势涨溢靡定，宋元时专门设置了泄洪防沙设备，技术进步

较大。

宋代丰利渠在渠首设防洪泄洪设施：静浪、平流两重闸。今发现了宋代的两组相近闸槽[63]。前闸槽规模颇大，槽宽0.3米，深0.4米，高达3.2米。前闸左右闸槽槽底间距自下而上渐渐增宽，渠底左右槽间距为4.3米，高于渠底1.5米处，间距展宽至4.5米，向上宽度继续增加，闸断面呈一倒梯形。故该闸不可能使用提升式板闸，只能采用镶嵌式叠置闸门，这种倒梯形断面闸槽装卸一块块叠木较方便。后闸槽距前闸槽6.6米，槽宽0.2米，深0.2~0.25米，槽未通渠底，底距渠底1.6米，顶距渠底4米。前闸为主闸，能起隔断水流的功用，是丰利渠口的重要控制水量的设施。后闸装上闸板后，下部可留有1.6米高度过水断面以供通水。故其功能并非拦水断流，而是控制最大过水断面的一种装置。1.6米合宋尺五尺多，其过水深度正是宋丰利渠设计的"五尺之水"。因泾水受降雨量变化的影响，"涨溢不常"[64]，后闸可控制渠道水位不超过五尺之深。又据蔡溥《开修洪口石渠题名记》，静浪、平流两闸的北面，即火烧岭之北及岭下各开一个涵洞，一叫迴澜，另一叫澄波，两闸前渠道两岸开有切口，北通迴澜或澄波洞，南通泾河。大水时关闭闸门，涨水和闸间溢水通过切口排泄。在两闸之间设有退水槽，"凡遇涨水泄以还河"[61]。元代至正三年（公元1343年）宋秉亮《泾渠条陈》（乾隆《泾阳县志》卷十）载有渠口设施的布置和运行情况："相视得旧闸二所上下相去四十余步，中间元用退水旧槽，至今见存。其置槽去处上离宋渠四百四十九步，离新开石渠五百五十步。静浪一闸在退水槽近上三十余步，渠身两壁开凿切口二道。当时设此盖遇泾水暴涨及洪堰倒塌之时，即下此闸以备浊水淤淀渠道。平流一闸，在退水槽近下十步，渠身两壁亦有切口四道，盖于注罢浇田之后，水既无用，遂开此闸，乃退水由槽还河。又当河涨之时或泛涨不能猝下，或已下而漏漫浊水，并下两闸以防不虞。"

防沙设施：据调查，在前闸槽上游3.83米处，渠底向上游方向陡然降低，其间形成一高30厘米的台阶[63]，这有防止粗沙进渠的作用。据《长安志图·泾渠图说·渠堰因革》，丰利渠的东岸有大王、小王、透漕三沟，横冲渠身，雨季沟水流急，挟带沙石俱下，壅遏渠水，为防沙石入渠采取两种措施：一是在大王、小王沟入渠处，"凿地陷木为柱，密布如栈，贯大木于其上，横当沟之冲"，暴雨时水注而下，而大石格住，不再入渠。二是在透漕沟与渠交汇处设石棚。石棚是以石埋地中，中空如栅状。平时从棚中过水，暴雨时水石从棚上过，流入泾河。采取以上措施大石虽然不能入渠，但仍有沙砾流入渠内。金代又作了改进，在水沟入渠处造石桥，其制"外高中低"，如槽状，暴雨时水流挟带沙石从桥上过，排入泾河，避免了砂石壅塞渠道之患，当时人名此桥为"澄水槽"。

防山水设施：《长安志图·泾渠图说·渠堰因革》载泾渠经樊坑处，隔渠北直对大沟，山水常冲坏渠岸，"而下流为田患"。乃"叠石为渠岸，东西四十尺"。沟水大时从石堤上漫过，所泄余水，注坑中再与泾水合，避免了渠岸冲毁和下流水患。石堤岸类似溢流堰工程。

（二）渠系工程的改进

渠系工程的改进也很突出。唐代白渠分为太白、中白、南白三条支渠。《元和



郡县志》卷二京兆府泾阳县下载："太白渠，在县东北十里；中白渠，首受太白渠，东流入高陵县界；南白渠，首受中白渠水，东南流，亦入高陵县界。"乾隆《泾渠志》认为三白渠唐代才出现，文中称："白渠，《汉书》无枝渎之说，北魏郦道元《水经注》言有二枝渎，而无白渠之名。《元和志》称三白，与《十道志》同，其白（即三白渠）盖始于唐也。"说明唐代白渠渠系有了扩展。宝历元年（公元825年），高陵县令刘仁师更修新渠，造新堰，渠名刘公渠，堰名彭城堰[65]。彭城堰是设在中白渠上的闸枢纽工程，可控制其下中白、中南、高望、禑南四渠的流量和水位，中南渠下流还有一支渠叫昌连。嘉靖《高陵县志·渠堰》载刘公四渠的流经线路："高望渠自磨子桥经魏村及李赵村之间，东过阿石桥、陈杨村，至临潼境入渭，袤五十有五里。禑南渠自磨子桥西南流，折而东经毗沙镇、原赵村，又东南过渭桥，至临潼境北田王入渭；新开渡、渭桥之间中有支渠入渭。昌连渠自县西经张市里，分中南渠，东过通远门下，经郭桥至临潼境入清河。"各渠道的长度，宋敏求《长安志》卷一七高陵县下有记载：中南渠长35里，高望渠长35里，禑南渠长40里，中白渠长30里，四渠下流皆入栎阳县界。

唐宋时在泾阳县东北设三限闸以分水，北面为太白渠，中为中白渠，南为南白渠，也分别称为北限、中限、南限[66]。北限太白渠上又有邢堰，不知建于何时，元代有了记载。据《长安志图·泾渠图说·洪堰制度》载，这是一座节制分水闸，引入清、冶二谷水，"其堰长40余步"，其下分为务高、平乐二渠，灌溉北限水势不及高地。云阳、三原北境地势更高仰，泾水引不上，宋元时引冶谷、清谷、浊谷水灌溉。富平之地因泾渠此时期不过石川河，故引石川、金定河水灌田。灌区通过引山谷水，补泾渠所不足，扩大了灌溉面积。

灌区渠系、堰闸的总体布置后代基本未变，由于设置了彭城闸、三限闸、邢堰等，对各渠道的流量和水位可进行灵活调控，有利于扩大灌溉面积和实行有计划合理的灌溉。

另外，从干、支渠分水入农田设有斗门和斗渠。三白渠唐代已置有斗门。《十道志》[67]称：三白渠"渠上斗门四十八"。《十道志》是唐中宗时（公元705~709年）梁载言所著，此记载反映唐前期斗门的设置情况。《册府元龟》卷四九七明确记载大和元年（公元827年）修高陵等县白渠斗门。《宋史·河渠志四》载，至道元年（公元995年）皇甫选说：三白渠，"旧设节水斗门一百七十有六，皆坏，请悉缮完"。这176斗门应指唐后期的情形，大约在五代战乱中毁坏，但反映了唐后期斗门数大为增加。宋代宋敏求《长安志》卷十七至二十记载，三白渠灌区共有斗门109个，其中干渠（三限口以上）19个、北白渠（太白渠）22个、中白渠43个、折波渠2个、中南渠7个、高望渠2个、禑南渠1个、南白渠13个。反映了熙宁九年（公元1076年）前的状况。元代"总为斗一百三十有五。……凡水出斗各户自以小渠引入其田"[68]。当时斗门"皆须州县官司检行安置，不得私造"[69]。规定一定的尺寸，实行计划用水，做到"立斗门以均水"的目的。见下页图3-5-2-1。

总之，引泾灌渠工程在唐、宋、元时期技术上有明显的提高，并且工程设施利于进行用水管理，这种做法在北方灌区中是很突出的。



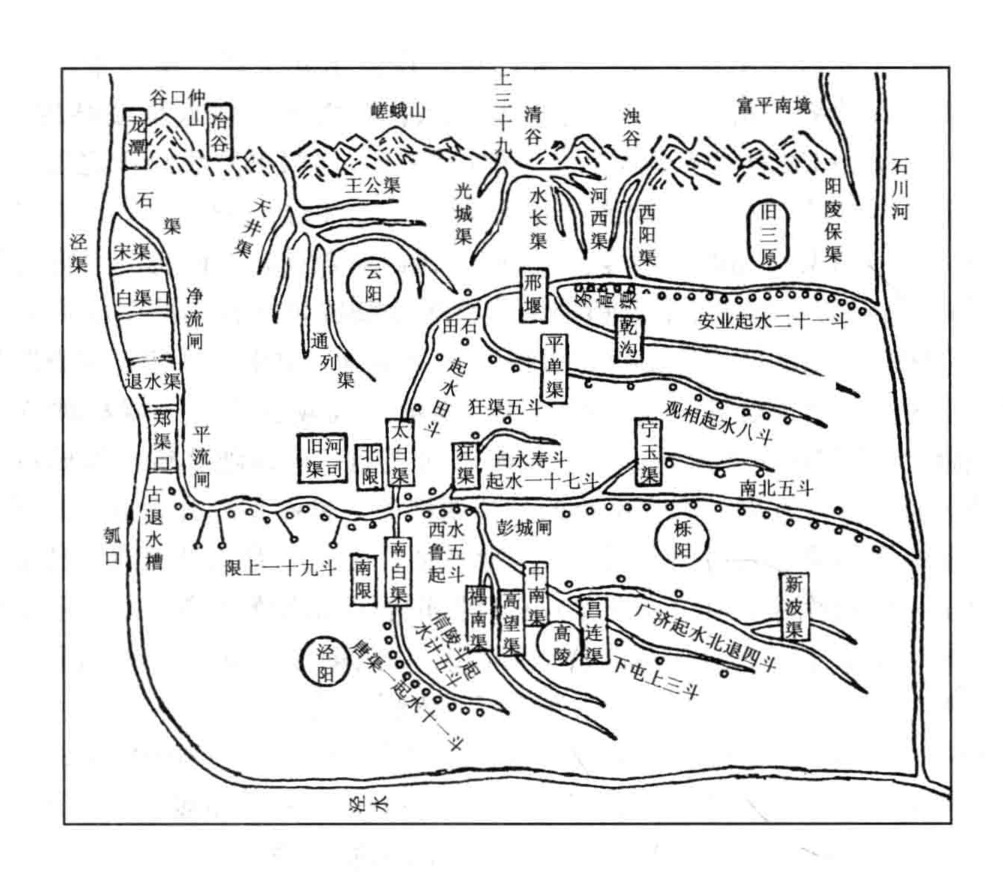


图 3-5-2-1 宋元泾渠图

（采自《长安志图》）

二、河内引沁灌渠工程

引沁灌渠相传创建于秦代，后人称之为秦渠，渠首引水工程称“枋口堰”，三国曹魏时改木水门为石门。隋唐时灌区渠系有较大的扩展。隋文帝开皇（公元581~600年）中，卢贲迁怀州（今河南沁阳县）刺史，“决沁水东注，名曰利民渠，又派入温县，名曰温润渠，以溉舄卤，民赖其利”[70]。重新开了引沁渠道利民渠及其支渠温润渠。唐中期以后，河北被藩镇割据，唐政府重视对河内的经营。广德元年（公元763年）任杨承仙为怀州刺史，“浚决古沟，引丹水以溉田，田之汙莱遂为沃野”[71]。丹水是沁水的支流，自古有灌溉之利，这时又加修浚。引沁渠道修治也增多。贞元五年（公元789年）怀州刺史李元淳引沁水开渠70余里[72]。长庆年间（公元821~824年）河阳节度使崔弘礼“治河内秦渠，溉田千顷，岁收八万斛”[73]。宝历元年（公元825年）又在秦渠下辟荒田200顷，岁收粟二万斛[74]。后八年，大和七年（公元833年），河阳、怀州节度使温造又浚治秦渠枋口堰，“役工四万，溉济源、河内、温县、武德（今河南沁阳县东南）、武陟五县四五千余顷”[75]。这次开浚工程，对渠首、渠道进行了扩建，所以灌溉面积大为增加。但具体采用了哪些技术措施记载阙如。

宋代熙宁期间，曾派员勘查过丹沁水利，三司条例司作过研究[76]。当时应有修浚工程。

元代引沁灌渠多次修治，渠首工程技术有大的改进。中统元年（公元1260年），元世祖忽必烈即位后，推行重农政策，“首诏天下，国以民为本，民以衣食为本，衣食以农桑为本”[77]，并“内立都水监，外设各处河渠司，以兴举水利、



修理河堤为务”[78]。河内靠近京畿，故对河内水利很是重视。是年，豫北受旱，怀孟路总管谭澄发动民众修凿唐温渠，引沁水以溉田[79]。第二年，河渠司提举王允中、大使杨端仁奉诏重修引沁灌渠工程。据《元史·河渠志二》记载，此次施工规模宏大，在沁河上修建拦河石堰一座，“长一百余丈，阔三十余丈，高一丈三尺”。在拦河堰上游南岸建引水斗门，“石斗门桥，高二丈，长十步，阔六步”。开干渠四道，长阔不一，共计长 677 里，经济源、河内、河阳、温、武陟五县村坊 463 处，灌田 3 000 余顷。“渠成甚益于民”，名为“广济渠”。见图 3－5－2－2。

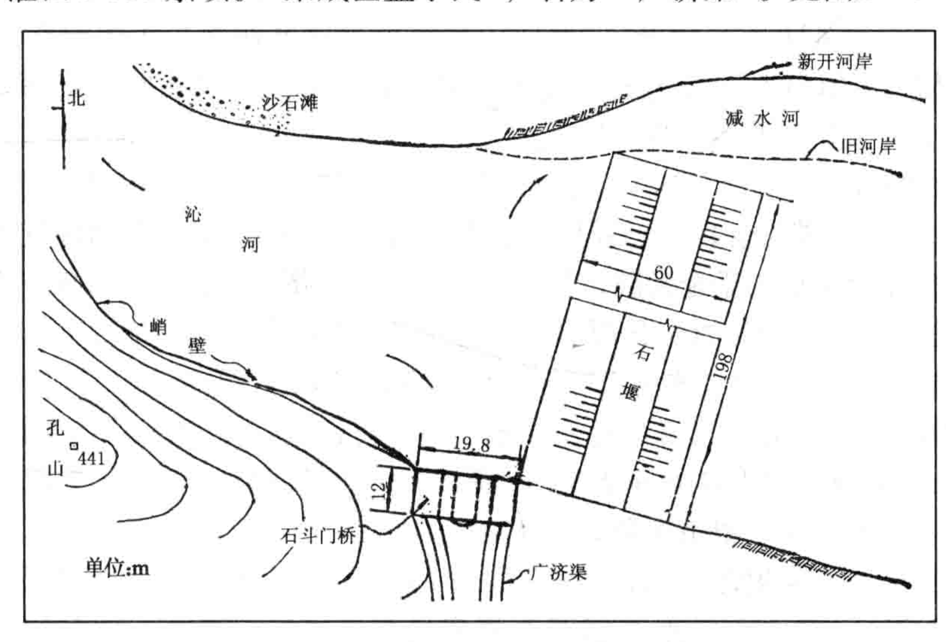


图 3－5－2－2　元代广济渠有坝取水枢纽布置示意图

广济渠首布设在沁河出山处的五龙口，上游河床陡峻，洪水来势迅猛，在沁河上建拦河堰技术要求高。元代首次成功地建成溢流石堰，说明工程技术的提高。此溢流石堰运行了 20 余年。之后引沁渠道未再筑石堰，而是采用在沁河中筑土堰，北岸开减水河的方法[80]。土堰不能过水，故涨水要从减水河泄向下游，这样设计是合理的。元代在引沁渠首建成有坝取水工程，在其发展史上是很独特的。

三、宁夏引黄灌渠工程

黄河出青铜峡后，两岸地势逐渐开阔，形成宁夏平原，分为河东（右岸）和河西（左岸）两灌区。唐、宋、元时期大力修治旧渠，开凿新渠，形成多渠取水，干支渠贯通平原的自流灌溉系统，扩大了灌溉面积。

唐代位于河东的有薄骨律渠、七级渠、光禄渠、特进渠等，位于河西的有汉渠、御史渠、尚书渠、胡渠、百家渠和唐徕渠等。

河东的灌渠：

薄骨律渠，《元和郡县志》卷四灵州回乐县下有记载：“薄骨律渠在县南六十里，溉田一千余顷。”可能因薄骨律城（今灵武县西南）而得名。

七级渠，位于灵州（今灵武县西南）附近。《新唐书》卷六《代宗纪》载：大历八年（公元 773 年）“八月己未，吐蕃寇灵州，郭子仪败之于七级渠”。宋代时仍有此渠，元丰四年（公元 1081 年）攻西夏，高遵裕围灵州，“夏人决七级渠



以灌遵裕师”[81]。是河东的一条主干渠。元代出现的秦家渠[82]，有人认为是古七级渠的转音，后来简称秦渠。

光禄渠，唐人有修治记载。《旧唐书》卷十三三《李听传》谓：元和十五年（公元820年），灵州大都督府长史、灵盐节度使李听，见境内有光禄渠，“废塞岁久”，为开辟屯田需要，“复开决旧渠，溉田千余顷”。光禄渠可能是宋代汉伯渠（今汉渠）的前身。

特进渠，《新唐书·地理志一》灵州回乐县下有记载：“特进渠，溉田六百顷，长庆四年（公元824年）诏开。”唐回乐县在今灵武县西南。《唐会要》卷八九《疏凿利人》、《旧唐书》卷十七上《敬宗纪》记为“疏”灵州特进渠，故长庆年间是修治，此渠始开的年代当更早。

河西的灌渠：

汉渠，《元和郡县志》卷四灵州灵武县下有记载：“汉渠，在县南五十里，从汉渠北流四十余里始为千金大陂，其左右又有胡渠、御史、百家等八渠，溉田五百余顷。”唐灵武县（治今永宁县西南）在河西，汉渠也在河西。地方志认为汉渠始筑于汉代[83]，是汉延渠（亦称汉源渠）的前身。汉渠长250里。

御史渠，《读史方舆纪要》卷六二宁夏镇下有记载：“御史渠，在镇东北黄河外。唐史：‘郭子仪请开丰宁军御史渠，溉田二千顷’是也。”明宁夏镇治所在今银川市，御史渠位于今银川市东北黄河沿岸。

尚书渠，在汉渠附近。《新唐书》卷二一六下《吐蕃传下》称：“大历十三年（公元778年），虏大酋马重英以四万骑寇灵州，塞汉、御史、尚书三渠，以扰屯田。”

胡渠、百家渠亦在汉渠左右，汉渠左右的八渠还包括御史、尚书渠等。

唐代河西另建有一条大渠叫唐徕渠。《宋史》卷四八六《西夏国传》记载：“兴，灵则有古渠曰唐来，曰汉源，皆支引黄河。故灌溉之利，岁无旱涝之虞。”宋代已称唐徕渠为古渠，至迟当在唐代建造。渠道自青铜峡开口，接引黄河出峡之水，流向东北，经今银川市西，平罗东南至上宝闸堡，余水仍入河，渠长400里。

西夏统治西北时期，其政治和经济重心都在宁夏平原，重视修治汉唐旧渠，以唐徕、汉源两渠灌溉之利最著。李元昊时，又在河西灌区最高处修了李王渠，亦称昊王渠。昊王渠可能是北魏艾山渠的修复和扩展。万历《朔方新志》卷一谓：“元昊废渠，旧名李王渠，疑即古之艾渠（即艾山渠）。”并说此渠宽20余丈，长达300余里。其位置和走向大致与今西干渠一致。今西干渠长112公里，灌溉土地30余万亩，昊王渠比西干渠长近百里，灌溉面积应更多。

西夏时引黄灌溉成绩巨大，已形成从黄河开口的12条干渠。《元史》卷一六四《郭守敬传》载：“至元元年（公元1264年），从张文谦行省西夏。先是，古渠在中兴者（治今银川市），一名唐来，其长四百里，一名汉延，长二百五十里。它州正渠十，皆长二百里，支渠大小六十八，溉田九万余顷。”[84]灌溉事业大为兴盛。西夏文《天盛年改新定律令》还载有西夏国的灌溉制度，当时严格规定了用水的办法[85]。

元初兵乱，宁夏引黄渠道大多废坏。元世祖中统元年（公元1260年）朵儿赤



任中兴路新民总管，组织军户子弟营田，“塞黄河九口，开其三流”，恢复了其中的三条渠道灌溉农田，“凡三载，赋额增倍”[86]。至元元年后，郭守敬对宁夏河渠进行全面修理，“更立闸堰，皆复其旧”[87]。疏浚“汉延、唐来等渠”[88]，恢复以往巨大的灌溉功能。

可知唐、宋以来，宁夏引黄灌溉工程取得的技术进步：一是改造和新修成12条大干渠，渠道甚长，延袤200～400里之遥。二是干渠直接从黄河开口引水，形成多口引水格局，自流灌溉农田。三是灌区内大小支渠纵横，灌溉面积大增。

四、襄阳长渠、木渠工程

长渠、木渠位于今湖北省襄阳和宜城之间，皆引蛮河水灌溉，两灌区毗连。修筑历史悠久，灌溉效益宏大。

长渠，早期是楚白起渠，在鄢城（今宜城县南）西北百里许的夷水（今蛮河）上筑堰，拦水入渠，渠道采用渠塘串联的工程形式，《水经注》卷二八《沔水中》记灌田3000顷。木渠，又称木里沟。《水经注·沔水中》称其渠始凿于楚，在宜城东三里穿渠上口，之后“汉南郡太守王宠又凿之，引蛮水灌田，谓之木里沟，径宜城东而东北入于沔（汉水）……灌田七百顷”。曹魏时，夷王梅敷兄弟于其地聚民万余家，经营其地，称为“柤中”，当时号柤中为天下膏腴。

唐、宋、元时期多次修治长渠和木渠，改建渠首堰坝，引水量大为增加，并完善渠系工程，陂渠串联更加发展，扩大了灌溉面积。

唐代《元和郡县志》卷二一始载有“长渠”名。当时渠首有武安堰，在南漳县武安镇西的谢家台附近，拦截蛮水灌溉，史载为大历四年（公元769年）节度使梁崇义修建[89]。

宋代大规模的施工有多次。如咸平二年（公元999年）耿望主持修筑两渠。《宋史》卷一七六《食货志上四》载：“至咸平中……襄阳县淳河，旧作堤，截水入官渠，溉民田三千顷；宜城县蛮河，溉田七百顷。又有屯田三百余顷，知襄州耿望请于旧地兼括荒田，置营田上、中、下三务，调夫五百筑堤堰。”到至和二年（公元1055年），长渠“久隳不治，而田数苦旱”。宜城县令孙永组织农人修堰复渠，“理渠之坏塞，而去其浅溢”；“完故堨使还渠中”。经过40天的施工，“田之受渠水者皆复其旧”。又订立均水约束，“时其蓄泄，而止其侵争”。这次修筑成效大，工程效益维持了很长时间。熙宁八年（公元1075年）秋，发生大旱，别处歉收，“独长渠之田无害也”[90]。还有余粟散于四方。

北宋治平三年（公元1066年），由宜城县令朱纮主持对木渠进行大规模的改建工程。次年，郑獬作《襄州宜城县木渠记》[91]，记述工程修筑的具体情况。这次工程的特点，一是修筑有坝引水渠首工程“灵溪堰”，堰址位于潼口河上游蛮水和鄢水汇合后不远的卢家畈附近，是一座拦河壅水“巨堰”。堰的北岸有山，因此，堰的地质基础较牢靠。筑堰后提高了水位，控制的自流灌溉面积增加。二是在灵溪堰南岸建护河堤“灵堤”，防止水位抬高后南侵，“障水而东行”。三是合理布设干渠，延长渠道。木渠渠道分南北两支，南支向东南流，“南贯于长渠”，下与长渠相接；北支在堰的北岸，凿通了一段约二三里长的小山脊。“斗折而东”，再与灵溪汇合，流入襄南平原，“东彻青泥间”，青泥间即青泥河，位于潼口河下游



的北面，灌溉余水从青泥河排入汉水。四是将渠道与陂塘相连。南、北两干渠，“通旧陂四十九，渺然相属，如联舰高蓄下泄”。组成渠塘串联的形式，更好地对水资源进行蓄泄调节，灌溉效益大为提高。吴允于熙宁二年（公元1069年）说：朱纮修治木渠，“不费公家束薪斗粟，而民乐趋之。渠成所溉六千余顷，数邑蒙其利”[92]。灌溉面积比《水经注·沔水中》所载增大近八倍。灌溉面积的增加实是当时工程技术进步的结果。宋代长渠、木渠的布置见图3－5－2－3。

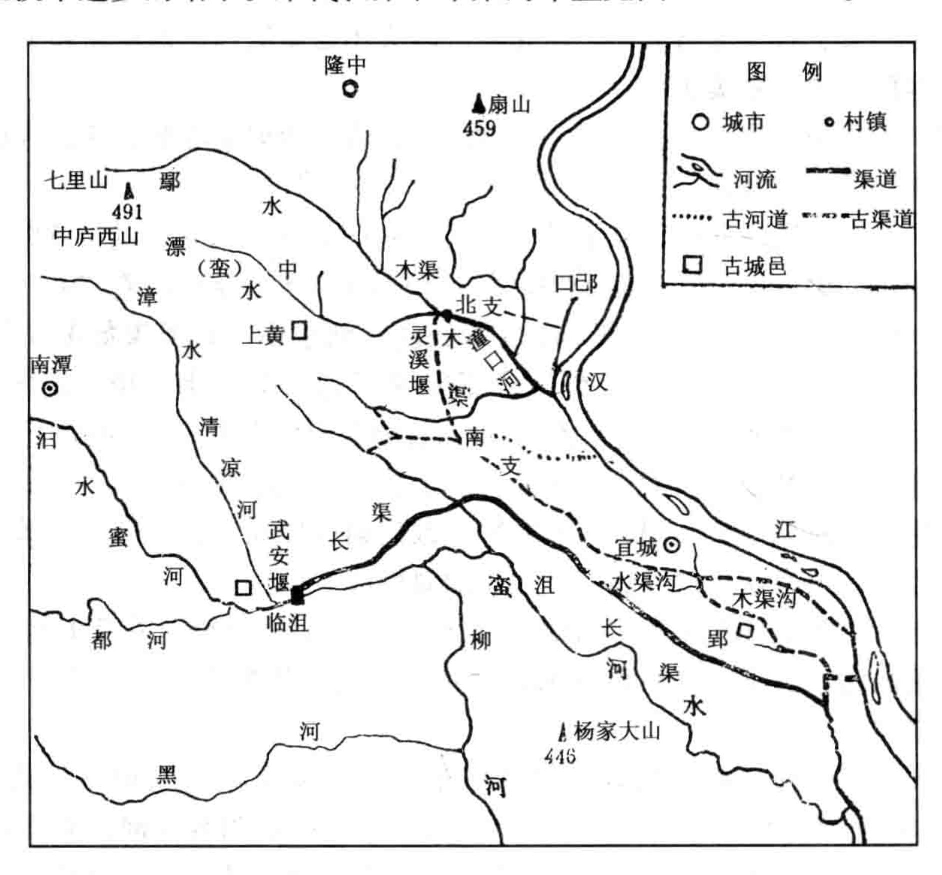


图3－5－2－3 长渠和木渠布置示意图

南宋时，襄宜地区成为抵御金人南侵的军事要地。受战乱影响，长渠和木渠因缺乏维护，“悉以堙废”。绍兴三十二年（公元1162年），宋孝宗使参知政事汪澈督视湖北京西路军马，汪澈建议恢复长渠和木渠水利，进行屯田。“大约长渠溉田七千顷，木渠溉田三千顷，其间陂池灌浸，脉络交通，土皆膏腴”。部署先修长渠，筑堰开渠计划用二万工。完工后“募民之在边者，或取军中之老弱者杂耕其中。来秋谷熟，量度收租以充军储，既省馈运，又可安集流亡”[93]。“岁可登谷七十余万斛”。当时筑堰开渠，“功绪略就”[94]。修复工程规模颇大，据工部尚书张阐说，修治工程花费10余万缗[95]。之后，乾道九年（公元1173年）又对木渠做了局部的维修。淳熙十年（公元1183年）又修木渠，“起水门四十六，通旧陂四十九。平徭役，分田亩，立约束，均水利，井井有序”[96]。这次修治讲究水门的安设和严格用水制度，完善了灌区的建设。

元代仍数次维修长渠和木渠，尤其重视渠首拦河大堰的修筑。明清以后两渠才“日就湮塞”。新中国成立后，长渠得到恢复，于1952年开工，1953年“五一”



放水灌田。目前长渠全长47.7公里,渠首为混凝土重力式滚水坝,坝高2.9米,长120米,进水闸五孔,最大输水流量43立方米/秒,灌溉农田20万亩。

五、汉中山河堰

汉中盆地位于秦岭和大巴山之间，汉水从中穿过，汇集众多支河，水量丰富，为引水灌溉创造了条件。山河堰建于汉水支流褒河上，褒河在褒城处流出山谷，山河堰在此筑堰，堰址选择合适。建拦河堰后抬高了堰上游河道水位，再在堰的两岸开渠引水，自流灌溉下游平原的农田。

山河堰修建历史悠久，相传始建于汉，由萧何、曹参创建。但有关山河堰的文字记载始见于北宋初年。宋代多次维修山河堰，工程颇具规模，建有多级拦河大坝，干渠增建溢流堰和排水渡槽，渠系完整，灌溉面积逐步扩大，灌溉管理制度也渐严密。

据记载，宋初许逖任职兴元府（治今汉中市东）期间，曾维修过山河堰，灌溉农田四万亩左右[97]。山河堰的工程设施和布置情况，庆历年间（公元1041~1048年）褒城知县窦充在《汉相国懿侯曹公庙记》[98]中有记载。其时山河堰主要工程设施有三座拦河大堰、四条干渠和若干斗门、支渠，组成了一个完整的引水灌溉工程体系。三座大堰为拦河溢水堰，依次部署在褒河出山谷后的河段上。山河一堰，清代人说在褒城县北三里的鸡头关下，又名铁桩堰，堰下有柏木桩基。1940年建褒惠渠大坝，清基时挖出了上千根直立于河床中的古木桩，直径0.2米上下，长2~3米，推测该处即为一堰堰址，其堰轴线与褒惠渠所选坝轴线基本吻合，可见古代堰址选择的科学性[99]。山河二堰，在褒城县（今褒城镇）东南，又名山河大堰，此堰规模最大，堰长360步。二堰的结构，道光《褒城县志》卷二载："山河第二堰……相传汉曹参所筑。古刻云：'巨石为主，锁石为辅，横以大木，植以长桩'。"所记为宋代情况。应是采用木桩固定的堆石结构。用大木桩作竖桩和横梁，绑扎成井字形，竖柱并插入河床。木框间充填大石为主，间隙充填小石。山河三堰，在二堰下游五里处，宋代堰体结构可能也是堆石堰。拦河堰的作用是壅高上游水位，以利引灌。干渠从拦河堰上游左右两岸分出，第一堰上分出东西两条干渠，浇灌褒城所属农田；第二和第三两堰各分出一条干渠，浇灌南郑县（今汉中县）农田。干渠下再分支渠、斗渠等，通过各级渠道组成了一个完整的灌溉网络，"沟洫绮错，原隰龙鳞，灌溉脉连，畎浍周布"[100]。将水输送入田间。用水实行水量控制，"两浇四渠平注疏入田畴，制桐板以限其多少，量地给之，俾水均足，而民绝争矣。相引也，以木制通中，铁其卷口，引水渠大小俱存，或样拔以土为口，减节水势也"[100]。干、支、斗渠分水处设制闸门，以控制调配水量，闸板以桐木制成，角口包裹铁皮，以免磨损，制作规范。田间渠道临时在田埂上开口浇水。这样按田亩面积和作物需要配水，既满足了作物的水量需求，又避免了水利纠纷。这时重视堰渠的经常性维护管理。嘉祐（公元1056~1063年）中制定了"堰法"，获得朝廷批准，在大堰处刊立石碑，作为灌区维修的法规[101]。因此，工程得到较好的修护。政和（公元1111~1117年）年间，山河堰被赐名"惠远"，可见其灌溉效益之持久。

北宋末，山河堰因战乱失修，几乎废毁。南宋初，汉中成为抗金的前哨基地，为了就地供应军饷，要求发展当地的农业生产。于是对山河堰多次进行大规模的整

修和扩建。绍兴七年（公元1137年）川陕宣抚吴玠“调戍兵，命梁、洋守将治褒城废堰”[102]。治理后效益显著，“治废堰，营田六十庄，计田八百五十四顷，岁收二十五万石以助军储”[95]。吴玠因此得到嘉奖。数年后杨政守汉中，又对山河堰进行修建，此时褒河上已建有六座拦河大坝[103]，顺次分布在褒河出山处至与汉水汇流长约12公里河道上，成为明显的多级（或梯级）堰坝引水工程。因当时所筑坝为堆石坝，堆石结构较松散，堆积高了易被洪水冲毁，而堰坝增多，堰的高度可降低，也就增加了堰的稳定性，这应是当时设计布置多级堰坝的主导技术思想，这种方法古代采用较多。

乾道二年（公元1166年），吴玠的兄弟吴璘驻守汉中，率领兵士修塞灌区中决坏的干渠和支渠，并扩大入渠水源，使山河堰灌溉褒城、南郑两县农田达8万余亩[104]。乾道七年，又委派御前统制吴拱经理，对山河堰进行全面的改建工程。当时“发卒万人助役，尽修六堰，浚大小渠六十五，复见古迹，并用水工准法修定”[105]。这次改建工程将六座大堰全部修整，六堰总长度“袤一千二百五十步”，疏浚干、支渠道，“视比岁所修，深广倍之”[106]。兴修时，应用水准测量技术，工程质量得以提高。不仅如此，还增修了溢流堰和排水渡槽，灌渠水工技术有了创新。宋人阎苍舒《重修山河堰记》对这两项新设施作了记述和评价。他说：“堰败当自外增二垠；渠堙当尽力通之。异时野水冲击，当浚以新港，出飞槽，俾不为渠病。顾规模宏深，非常岁比。”此处所指“堰”为渠道，当地习惯称渠道亦为堰。据研究，“二垠”可能是设在平渠进口下段的两处侧向溢流堰，当渠水位高出渠岸时，渠水自行外溢，回流入褒河，保障灌区的安全。现存古山河二堰干渠渠首段，在临河一侧的渠岸上仍保存两座溢流堰，第一座溢流堰位于渠口以下175米处，堰长85米，浆砌块石结构，糯米三合土黏结。第二座溢流堰位于第一座下游110米处，堰长90米，现在堰上培土作成渠堤。1980年7月3日，褒水发生四十年一遇的洪水，干渠进水闸被毁，洪水通入渠道，长约400米的一段干渠被冲毁。当时为保护灌区安全，采取非常措施，将干渠外侧一段堤防炸毁，使进入于渠内的洪水泄回褒河。所爆破的部位恰好位于古山河堰干渠第二溢流段上。此可验证古代设置溢流段的必要性及其位置选择的合理性。“新港”和“飞槽”是排泄沥水的河渠和渡槽，渡槽建在“新港”与渠道交叉处，通过立体布置，使得渠水和沥水不相干扰[99]。这次修治由于工程技术的改进，灌溉效益大增，“凡溉南郑、褒城田二十三万余亩，昔之瘠薄，今为膏腴”[105]。见图3－5－2－4。

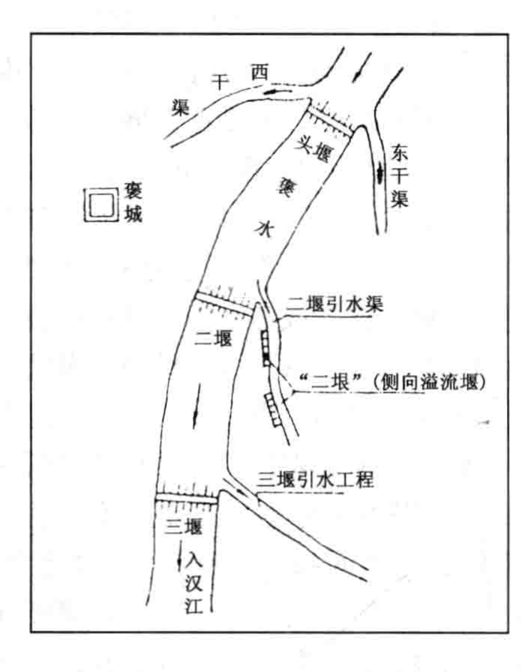


图3－5－2－4

宋代山河堰取水枢纽示意图

22年后，绍熙四年（公元1193年）夏，褒水发洪水，将山河堰六座大堰全部冲毁。当年秋天，由晏袤等主持，修复六座大堰和干渠溢流段，六堰总长达935



丈，干渠溢流段总长度达410丈。这次施工共用16万多工日，工程规模超过以往[107]。

可见宋代在山河堰的多次维修中，工程技术不断提高，灌溉面积也从4万亩增加到23万亩。以后明清时期对山河堰也经常维修，改进筑堰技术，灌溉管理制度更加严密。

六、川西都江堰

都江堰作为古代典型的水利系统工程，到唐、宋、元时期又有很大发展。着重进行渠首枢纽工程的修建，改进鱼嘴修筑技术，力求工程牢固；又在灌区增开新渠，建成完整的渠系网；还大力建设新堰，使灌区的范围大为扩展。

（一）都江堰渠首枢纽工程的改建

唐代时分水、导流、溢洪设施更为完善。当时称分水导流堤为"楗尾堰"。唐《元和郡县志》卷三一称："楗尾堰在（导江）县西南三十里，李冰作之，以防江决。破竹为笼，圆径三尺，长十丈，以石实中，累而壅水。"楗尾堰形制似名修长，当利用江心洲建成，竹笼工在此首次见于记载，规格巨大。这分水导流设施宋元时称之为象鼻，"堆石子作长汀，以遏水，号象鼻"[108]。楗尾堰、象鼻与明清以后的鱼嘴和内外金刚堤功用一致。

唐高宗龙朔中（公元662年），在今灌县修筑侍郎堰，及其东面的百丈堰，"引江水以溉彭、益田"。长安初（公元701～704年）又筑小堰[109]。这些工程都是都江堰渠首枢纽的重要组成部分。侍郎堰在《宋史·河渠志五》中亦有记载，其功用同今飞沙堰。说明从唐代起特别重视飞沙堰的修筑。

都江堰工程历代一直沿用竹笼工筑堰，但竹笼易损坏，"岁必更易"。南宋陆游曾提出"取大石甃成"的意见，但未得实施。元初四川道按察副使李秉彝首次用条石砌堰，获得成功，大水时水能从飞沙堰上通过，不易冲坏，也不会壅水成灾，故取得"费省而利兴"的效果[110]。元末顺帝时，四川肃政廉访使吉当甫又提出："若甃之以石，则岁役可罢，民力可苏矣。"倡导用条石等材料修堰，这一建议于至元元年（公元1335年）实施。据《元史》卷六六《河渠志三》记载，这次都江堰进行大修，以都江鱼嘴和利民台工程规模最大，其次是侍郎、杨柳、外应、颜上、五斗等工程，再次是鹿角、万工、骆驼、碓口和三利等处工程①。这些主要建筑物"皆甃以石，范铁以关其中，取桐实之油，和石灰，杂麻丝，而捣之使熟，以苴罅漏"。是采用石灰浆砌条石结构，砌石之间用铁锭联结，并用桐油拌石灰和麻丝嵌塞缝隙止水。易崩坏的堤岸，用卵石干砌护之，上植杨柳和蔓荆加固。宝瓶口以下分水口设置石闸以便启闭。尤为突出的工程技术，是用一万六千斤铁铸成一个大铁龟作分水鱼嘴，并在鱼嘴前埋铁柱，以抵挡水流的冲击和防止顺水而下的木筏对鱼嘴的碰撞。全部工程共用石工、铁工、木工950人，民工军工5 900人，开山取石材百余万，用石灰60 000斤，桐油30 000斤，铁65 000斤，麻5 000斤，人工和材料费共用49 000余缗。可见施工规模之大。这次修治由于技术的改进，

---

① 利民台，分水堤之间的小岛；侍郎、杨柳，相当于后代的飞沙堰和人字堤溢流堰；外应、颜上、五斗，为内江三条引水渠口的分水堰；鹿角、万工、骆驼、碓口和三利皆是外江引水渠的分水堰。



使都江堰维持了将近40年无大修，水利效益很好。“常岁获水之利仅数月，堰辄坏，至是，虽缘渠所置碓硙纺绩之处以千万计，四时流转而无穷”。修筑是成功的，但因铁龟鱼嘴修建在砂卵石河床上，年久日长，基础渐被冲刷淘空，终至坠毁。然而当时对水工技术改革的尝试精神是可贵的。

（二）渠系扩建工程

重要的有以下一些：唐代贞观初（公元627～649年），益州大都督府长史高俭增开新支渠，扩大灌溉面积，缓解了争夺“顷直千金”灌溉田的社会矛盾，“蜀中大获其利”[111]。武则天时（公元684～705年），九陇县（今彭县西）长史刘易从“决唐昌（今郫县西北唐昌镇）沲江，凿川派流，合堋口（今关口）埌歧水，溉九陇、唐昌田，民为立祠”。沲江相当今柏条河位置，是从干渠开凿新的支渠，灌溉今彭县之地，使灌区向成都平原西北方向发展。唐玄宗天宝二年（公元743年），成都县令独孤戒盈，在县南百步筑官源渠堤，长达百余里。天宝年间（公元742～756年），益州长史章仇兼琼在成都北18里重开万岁池，“筑堤积水溉田”[112]。将万岁池建为蓄水灌溉工程，以更好地调节水量。灌区中建设引蓄共存设施，在水资源利用技术方面有了进步。唐僖宗乾符年间（公元874～879年），又在成都西北修縻枣堰[113]。縻枣堰相当于今成都西北九里堤的一部分，作用是防河道决溢泛滥，以利引灌。以上工程集中在成都一带，说明唐代都江堰灌区也向东面方向发展。

宋代乾德年间（公元963～968年），修治成都附近的九里堤和縻枣堰，以防御洪水[113]。仁宗年间（公元1023～1063年），疏通今温江县境内的九升江口，引水灌溉农田数千顷[114]。崇宁初（公元1102年稍后）修复华阳（治今成都市）的沙坝堰，溉田3万亩。乾道三年（公元1167年）“修永昌、九陇、蒙阳十余堰，民受灌溉之利，及于邻邦”[115]。经过这一系列工程的修治和扩建，都江堰灌区形成三派、14分支和九大堰渠系格局。三派即干渠分为三大输水渠：一为外应（今柏条河），下分二大支渠，溉导江（今灌县东）、新繁（今新都县新繁镇），至金堂（今金堂县西）入沱江；二为三石洞河，下分三大支渠，溉导江、九陇（今彭县）、濛阳（今彭县东濛阳）至汉州（治今广汉县）入雒水；三为马骑（今走马河），下分九大支渠，溉导江、崇宁（今郫县西北唐昌镇）、郫、温江、新都、新繁、成都和华阳，南入岷江。九堰是设在离堆以下石渠河上的九座分水堰。干、支渠以下，“派别支分，不可悉纪”[105]。组成了庞大的灌溉网。都江堰灌区扩展到当时的12个县，成都平原呈现出“杭稻如黄云”的丰收景象。

（三）建设灌区新堰“通济堰”

为了进一步开发利用岷江流域的水资源，唐代在都江堰下游的新津一带修建了通济堰。岷江中游兴修水利工程早在晋代常璩《华阳国志》中已有记载，称武阳县（今彭山县东）有“蒲江大堰，灌郡下六门”。北魏《水经注》也有相近的记载。宋代人说眉州（治今眉山县）通济堰创自东汉建安年间（公元196～220年）[116]。说明这一带水利开发甚早。唐玄宗开元二十八年（公元740年），益州长史章仇兼琼，“自新津邛江口（今南河口）引渠南下，百二十里，至（眉）州西南入（岷）江，溉田千六百顷”。又重新修堰，定名为通济堰（又名远济堰）。堰位



于新津西南二里的宝资山麓，筑于南河、西河与岷江汇合处，横截南河筑拦河大坝。南河本身的水量并不大，但拦河坝拦截了西河汇入南河之水，所以水量大增。川西水利工程一般建无坝引水工程，像通济堰这样相当大规模的有坝引水工程甚是少见。通济堰干渠自新津余波桥起，自北而南达眉州，长 120 里。其支渠数目《新唐书·地理志六》有记载，新津县下记“分四筒”，即有四个支渠口；彭山县下记“小堰十”，则有十条支渠口。五代时，眉州刺史张琳主持过大规模的修治。南宋初通济堰因缺乏维护而废坏。绍兴十五年（公元 1145 年）又重修，“更从江中创造，横截大江二百八十余丈”[117]。见图 3-5-2-5。大坝长 280 丈，合今制约 860 米，下流有小筒堰，灌溉新津、彭山、眉山农田 34 万亩。明清时也屡次大修。通济堰新中国成立后经改建，改名为解放渠，归属都江堰灌区。1982 年灌溉面积扩展至 52 万亩。

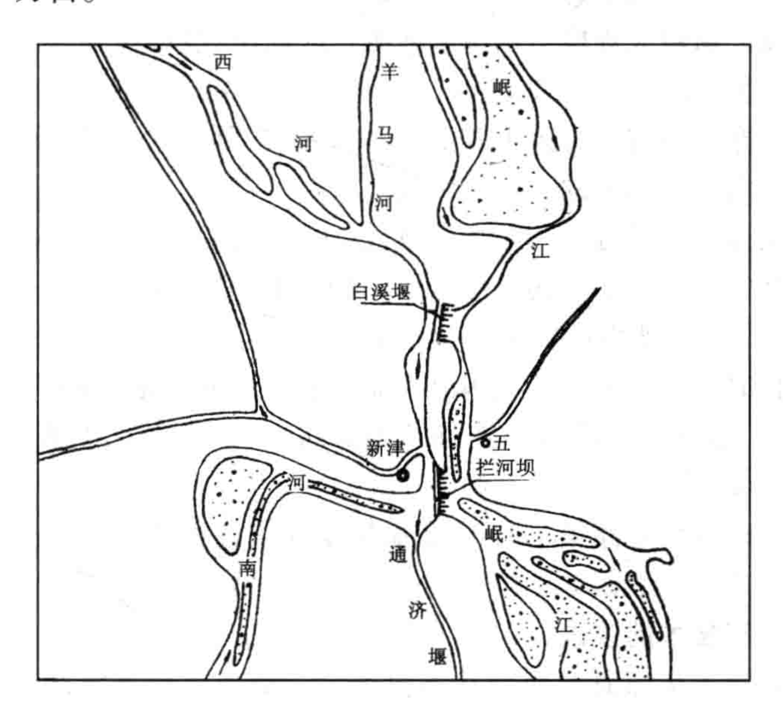


图 3-5-2-5　通济堰渠首工程布置图

（选自《长江水利史论文集》）

第三节　灌渠工程技术的进步

隋、唐、宋、元时期，大力扩建和改建灌渠工程，促使工程技术在实践中不断进步，主要表现在以下几方面：

一、广泛利用各种水资源增加渠道水量

北方水资源比较缺乏，此时期修建渠道时，注意开发利用各种水资源，除引取地上水外，还尽量利用地下水。发展引泉灌溉，是利用地下水的一个重要途径。这一时期以山西省的引泉灌溉取得的成就最大。引泉灌溉在技术上有其特殊性。为了蓄积泉水，一般在泉水出流处修筑蓄水塘，然后再开渠利用。如《元和郡县志》卷一三太原府晋阳县条下载：“今按晋水初泉出处，砌石为塘，自塘东分为三派：其北一派名智伯渠，东北流入州城中，出城入汾水；其次派东流经晋泽南，又东流



入汾水，此二派即郦道元所言分为二派者也；其南派，隋开皇四年（公元584年）开，东南流入汾水。”为减少水的渗漏，水塘用石衬砌。水塘东开有三条干渠，北派、东派很早已有，但东派流经的晋泽，是隋开皇六年（公元586年）引入晋水形成，该泽位于晋阳县（今太原市西南古城营西）西南六里，周回41里，用以灌溉周围的稻田。南派是隋代增开的支渠，说明晋祠泉水得到了较充分的利用。晋水除用作灌溉外，还引入晋阳城，是城中居民用水的主要来源，这与泉水清冽、水质良好有关。

西北地区全年干燥少雨，但高山带的冰雪积存丰富，从唐代起，在河西、新疆一带修筑引雪水灌溉的渠堰工程增多。如唐代河西引甘泉水（今党河）的灌渠，据《沙州都督府图经》记载，该处“节气少雨，山谷多雪，立夏之后，山暖雪消，雪水入河，朝减夕涨，其水又东北流四十里，至沙州城，分派溉灌”。甘泉水灌区主要靠雪水灌溉。新疆大规模引用雪水灌溉，应在汉代以后，但见于记载较晚。五代张匡邺《使于阗记》载：“胡卢碛，汉明帝时征匈奴，屯田于伊吾庐，盖其地也，地无水而尝寒，多雪，每天暖雪消，乃得水。”所以可以说河西、新疆兴建的灌渠基本是引取雪水作水源的。

已建成的渠道，为了维持和扩大灌溉效益，也想法增加入渠的水源。如引泾的三白渠，宋代熙宁间派殿中丞侯可修渠，“自仲山旁凿石渠引泾水，东南与小郑泉会，下流合白渠”[62]。水源除泾水外，还引入了小郑泉。后代泾渠都兼引泉水，以扩大水源。唐代时关中引渭水的成国渠上流与引千水的升原渠相接，又重建渠道上的六门堰工程，“合沣川、莫谷、香谷、武安四水”，由于水源增多，所以灌溉面积扩大到二万余顷[118]。

总之，这一时期修建灌渠工程时重视开发利用各种水资源，努力增加渠道水量，所以不少渠道灌溉面积有了扩大。

二、渠首工程技术的改进

渠首工程必须满足灌溉的两个基本要求：一是渠首位置能满足灌区用水的要求，保证引入所需要的水量，防止底沙入渠；二是渠首的引水水位要达一定的高程，以保证干支渠有足够的纵坡，使灌区的大部分土地能自流灌溉。古代许多灌渠工程在创建时是能满足取水要求的，然而历经年久，河道逐渐变迁，渠首工程本身也有废毁，逐渐不能满足用水要求，于是需改建渠首工程，以满足灌区灌溉的要求，其大体采取的技术方法有以下两种。

（一）渠首从下游移向上游

以关中引泾渠首的改建最具代表性。历代泾渠渠首位于泾水从峡谷区进入渭北平原的谷口地带，这一地带为一三角形洪积扇，南北5公里余，东西2.5公里，面积约10平方公里，河流坡降较大，水势湍急。南半部河床系洪积和冲积形成的堆积层，抗冲性较差；北半部虽为岩石河床，但处于断层破碎带，因此河床下切皆较快，局部地段还冲成深潭。如大龙潭、小龙潭枯水时深10米以上。郑国渠渠首建在谷口最下游，工程建成150年左右，泾河常流量已不能入渠（现该处河床比郑渠底低14～15米），故而渠首上移2700步（调查为1200米）另建白渠。白渠渠首处河床的砂卵石层较厚而紧密，故使用的时间较长。到十六国时期，前秦苻坚建



元七年（公元371年）向上游另开渠首，唐代郑白渠也许仍用此渠口。宋大观二年（公元1108年）因引水困难，向泾河上游沿山麓凿石渠3 141尺，修土渠3 978尺，建成丰利渠。元代延祐元年（公元1314年），又于丰利渠上更开石渠51丈（合157米），取名王御史渠。至正三年（公元1343年）御史宋秉亮视察泾渠，对历代泾渠口的上移变迁有总的论述。他说："相视得郑渠口起于瓠口，今骆驼弯西北是也，上至白公渠口二千七百余步。白公渠口即今小龙潭下是也，上至宋丰利渠五十六步，丰利渠又上至王御史新开石渠五十六步。已上三堰西北高而东南低，泾水自仲山出，由高而下，河岸去水渐高，今量得郑公渠口至水面计高五十余尺，白公渠口至水面计高一丈三尺……今丰利渠至水亦高七尺有余。"此时王御史渠，"其底亦高河水三尺"[119]。所说"白公渠口即今小龙潭是也，上至宋丰利渠五十六步"，可能指唐代郑白渠渠首所在。为了保证引水灌溉，泾渠口逐步上移，为此付出了艰巨的努力，渠首工程技术在改建中不断进步（详见上节）。

（二）改无坝引水为有坝引水

因为筑坝后抬高了河道的水位，可满足渠道所要求的引水高程，故有坝引水比无坝引水的可靠性更强。关中泾渠渠口多次向上游移建，但改建渠首工程量浩大，所以当河流水位与渠道要求水位相差不多时，就采用拦河筑坝的方式抬高水位引水。唐代后期引泾渠首建有拦河大坝"石翣"，"修广皆百步，捍水雄壮，谓之'将军翣'"。可"数十年不挠"[120]。此为砌石坝，用整齐的大石砌筑而成。宋初"石翣"已坏，于是修筑木桩梢穰堰。宋代丰利渠初建时，泾渠上未筑堰，后来河床下切，又修堰壅流。元代大德时修成桩木石囤堰。砌石坝较为牢固，使用时间长，但修筑投资大；木桩梢穰堰和石囤堰修筑较易，但每年损坏多，经常要维修。元代河内引沁的广济渠渠首也建有砌石溢流坝，坝长100余步，阔30余步，高一丈三尺，此坝规模也甚大，坝修得较宽而不大高，稳定性较好，故能经受洪水的考验，历20余年，设计是成功的。

在坝的结构上也有改进。如浙江丽水县的通济堰，创建于南朝梁天监中，但开始筑的是柴木坝，易于损坏，每年要费大力维修。宋代开禧元年（公元1205年）经过重建，改为石坝，其堰体为拱坝结构形式，现在仍有迹可寻，这成为浙江最早修建的拱形石坝[121]。拱坝通过拱的作用把水压力传递到河谷两岸，能更有效地抵挡急流的冲击，安全性增强；同时通过堰顶的溢流方向有所改变，向前的水流沿拱坝的圆心方向泄流，水流互相碰撞消能，减少了对下游溪岸和护坦的破坏。见图3－5－3－1。

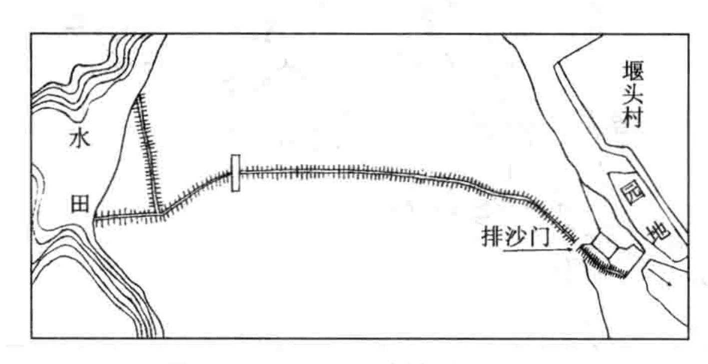


图3－5－3－1　通济堰坝平面图

（采自《中国农史》1992年第三期）



这一时期修筑的拦河堰以堆石坝的形式最为普遍。王祯《农书·农器图谱集之十三》列有水栅，即是在河溪中筑堰遏水，引水入田。“其制，当流列植树桩，桩上枕以‘伏牛’，擗以‘拉木’，仍用块石高垒，众楗斜撑，以邀水势”。建的是堆石坝。基础先打入树桩，桩上砌以巨石，称为“伏牛”，再垒块石，用拉木纵横固定。

这一时期引渠口已普遍设置闸门，这便于控制引水。闸门的规模有的甚大。如唐代郑白渠渠口建“洪门”进水闸，设有六石门，是六孔闸门的设施。元代引沁广济渠在拦河石堰的上游左岸建引水石斗门，闸上有桥，“石斗门桥高二丈，长十步，阔六步”[122]（折今分别约6米、15米、9米）。大约为二门引水闸。河北的引漳灌渠，北齐后称天平渠，唐代对天平渠渠首进行了改建，以后基本布置未变。到明清时已衰退，但还存有旧迹。清雍正末彰德府（治今河南安阳市）同知李光型曾勘查过渠首旧迹，撰有《天平闸说》[123]一文。文中称：“天平闸旧址在西高穴村滨河高阜间。……其闸石前后上下左右至今完具。闸设两门，各阔八尺五寸，自顶至底高一丈五尺，长四丈七尺。”规模亦大。敦煌绿洲引甘泉水（即今党河）灌溉。根据出土的唐代《沙州都督府图经》记载，当时在甘泉水上顺次筑有五道分水堰。第一道为马圈口堰，位于唐沙州城（距今敦煌县城西二里许）西南二十五里处，是一座拦河坝，用以壅高甘泉河水位，并设总分水闸引水溉田。这座古堰始建于汉代元鼎六年（公元前111年），唐代扩建。其堰体“南北长一百五十步，阔二十步，高二丈”。总闸设五门分水。第二道为都乡斗门，在州西南十八里。第三道为五石斗门，在州南十里，为西凉沙州刺史杨宣所造。第四道为阴安渠斗门，是在流经州西南六里的都乡渠上设堰。第五道为中河斗门，在州东三里甘泉水上。“前凉时，刺史杨宣以家粟万斛，灵石修理，于今不坏。其斗门垒石作，长四十步，阔三丈，高三丈”，规模仅次于马圈口堰。各堰用以壅高水位，并皆修筑分水闸分水。见图3－5－3－2。

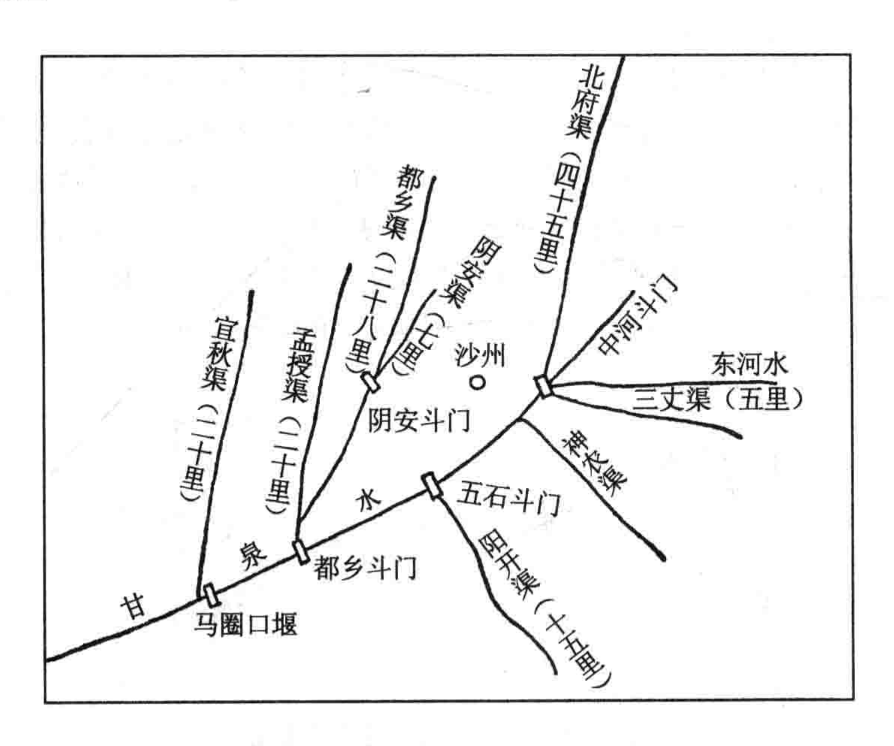


图3－5－3－2　唐代沙州甘泉水灌区示意图



所建闸门当时以叠梁式木门为主，王祯《农书》卷一八对这种闸门作了介绍。见图3－5－3－3。

渠首引渠还设置防洪防沙设施。宋代以后的关中泾渠在渠首两道闸的上游设有两切口，入渠的过量水可从切口泄入退水槽，再流回泾河。汉中山河堰渠口未建闸，为避免洪水毁渠，在渠首段设置两段较长的侧向溢流堰，布置的位置甚是合理。防沙的措施：一是将引渠口的渠底略抬高，以防止推移质（粗砂）入渠，如宋代引泾渠口在闸前设置一高30厘米的台阶，这样可以有效地阻止推移质进闸。二是在干渠与山水相交处设置交叉设施。如泾渠上设有石棚或澄水槽，目的就是在暴雨时隔住砂石或使挟带砂石的水流通过，不使砂石入渠。河北引漳的天平渠在进水闸下向东百余丈设退水闸一座，以保护大闸安全，到东高穴村又有小闸一座，以泄山冈之水[123]。

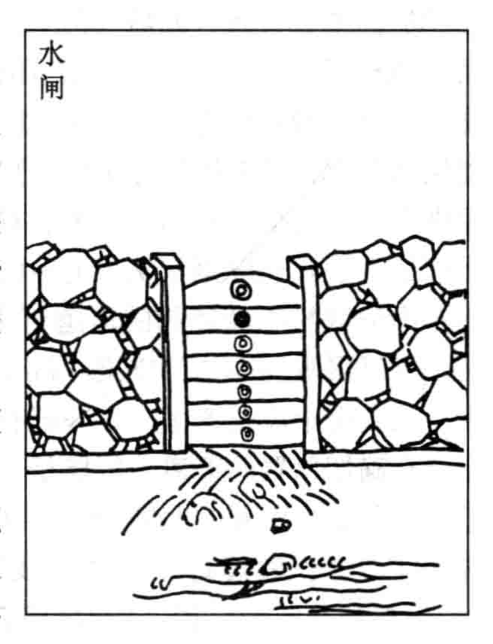


图3－5－3－3　元王桢《农书》卷一八水闸图

三、渠道工程技术的进步

第一，扩建渠系工程，扩大灌区范围，增加灌溉面积。

关中的三白渠、川西的都江堰、河北的漳水渠等都有大的渠系扩建工程（详见上节）。此外，河北引绵曼水（今滹沱河）的太白渠渠系也大为扩展。北魏郦道元《水经注》卷一〇《浊漳水》记载，其工程是在蒲吾（今平山县东南）绵曼水上筑乌子堰，下分二支，东一支为太白渠，简称白渠，其渠流经故关县（今栾城县北）、宜安城（今藁城县西南）南、宋子县（今赵县东北）北、敬武县（今赵县东北）北，下游又叫斯洨水。斯洨水又分为二支，东南流的叫百尺沟，注入衡水；东流的积为陂叫阳縻渊。白渠另一分支从藁城乌子堰，东经肥累县故城（今藁城县西南）南，下曲阳（今晋县西）城北，至贳县（今束鹿县西南）入斯洨水。唐代在此基础上有较大发展。据《新唐书》卷三九《地理志三》记载，大的修建有四次：唐代前期从平山开大唐渠，经获鹿至石邑（今石家庄市西南），引太白渠水灌溉农田。永徽五年（公元654年）在赵州平棘县（今赵县）东二里开广润陂，引太白渠水注入。总章二年（公元669年）又从石邑西北开礼教渠，引太白渠水向东流入真定（今正定县）界以溉田。天宝二年（公元743年）又延长大唐渠，从石邑向东南开渠43里，下流仍入太白渠。支渠加密，渠陂相连。此时灌区范围长达130里，宽达70里。

唐代敦煌甘泉水灌区渠道众多，组成一个完整的渠系。据《沙州都督府图经》记载有九大输水干渠[124]，分别从五大堰分水闸分出，分布于沙州城的四面。位于西部的干渠有宜秋、都乡、孟授、阴安，基本上均由西南流向东北，大体平行排列。宜秋渠从马圈口堰分流，长20里；都乡、孟授二渠从都乡斗门分流，前者长28里，后者长20里；阴安渠从阴安斗门分出，长七里。其中宜秋渠，“引甘泉水，

两岸修堰十里”，这是利用天然的河道分水，因河面宽阔，水流分散，故在两岸修筑长达十里的束水堰堤。另外敦煌唐户籍残卷上还有宜秋西支、宜秋东支、都乡东支、员佛图、长西、武城、河北、武都、夏交、平都、白土、胡渠、蒲桃、临安、武乡、塞门、平渠、高渠等渠道的名称，它们均流经西部绿洲，可能是上述干渠的支渠。位于沙州城南部的干渠有阳开渠，从五石斗门分出，长 15 里。另有神农渠，流经州东南，可能属于分干渠。户籍残卷中记载的流经南部绿洲的渠道有灌津渠、灌进渠、瓮同渠、瓮同上口渠、赛田渠、索底渠、阳员渠等，大概均系支渠。位于北部的干渠有北府渠，从中河斗门分出，长 45 里，是敦煌地区最长的灌渠。户籍残卷中记载的流经北部的渠道有宋渠、西支渠、王使渠、无穷渠、神龙渠、宜谷渠、八尺渠等，亦均为支渠。位于东部的干渠有东河水、三丈渠，均从中河斗门分出，三丈渠干流长 5 里。东部记有确切位置的支渠共 21 条。户籍残卷上还记有不少没有确切位置的渠道，可能是上述渠道的分支渠。据《沙州都督府图经》记载，孟授、阴安、阳开、北府四干渠为西凉时所开，那么其余的干渠应开于唐代。据史料统计，唐代敦煌计有大小干支渠道 90 余条[125]，构成完整的灌溉网系。所以《沙州都督府图经》说：“州城四面水渠……五谷皆饶。”

第二，在渠道上修建闸枢纽工程，以有利于渠道的配水和调节水量。

这一时期常将分水闸和节制闸修建在一起构成闸枢纽，也有在闸枢纽中设置泄水闸的。如关中的泾渠，从唐代起修筑了三限口闸枢纽和彭城堰闸枢纽。从三限闸分出的渠，北为太白渠，中为中白渠，南为南白渠；彭城闸控制四渠，北为中白渠，南为中南渠，又南为高望渠和隅南渠。由于闸枢纽的设置，灌区能按计划分水配水，因此使水资源的利用更加经济合理。成国渠上的六门堰，始建于西魏大统十三年（公元 547 年），唐代多次修治。六门堰坐落在武功县（今武功县西北）东的漆水河谷，能控制上源六路来水，供给下游农田灌溉和运输之用，并确保汛期安全泄洪。关于六门堰的工程结构，文献记载阙如。有人经实地调查考证，认为唐代重修的六门堰是用青石条砌筑，坝体为梯形，旁设六道泄水调洪孔道，东西两岸均设有进出渠闸[126]。六门堰是成国渠上关键的闸枢纽工程，既汇集节制渭、千、韦川、莫谷、香谷、武安诸水，增加渠道的水量，又起泄洪作用，保证灌区的安全；既是渠道与河道的交叉建筑，又是效能显著的调节闸。故而能灌溉武功、兴平、咸阳、高陵等县农田二万余顷，使灌溉面积大增。

第三，渡槽等交叉建筑设施技术的进步。

这一时期兴建的渡槽建筑规模甚大，体现了水工技术的长足进步。如唐代贞观（公元 627 ~ 649 年）中，为解决晋阳城地下水咸苦不能饮用的问题，长史李勣“架汾引晋水入东城”[127]。当时晋阳城横跨汾河两岸，由都城、中城、东城三部分组成。东城在汾河之东。李勣建造了横跨汾河的渡槽，引晋渠水到东城供居民饮用。建中四年（公元 783 年），马燧为防御计，又修筑架汾渡槽，引晋水“潴以为池，寇至计省守陴者万人”[128]。渡槽架过汾水，规模一定不小。

熙宁四年（公元 1071 年），提举京西路常平陈世修建议兴修唐州（治今河南唐河县）水利，他说：“乞于唐州石桥南北岸叠石为马头，造虹桥架过河道，于桥梁下柱透槽横绝过河，引水入东邵渠，灌注九子等十五陂，则二百里之间终冬水利



均浃”[129]，此工程不知兴修与否。但可知当时修建较大渡槽的方法：首先在跨河的两岸砌石造墩台，再建过水桥，槽身大约用木刳成，桥梁下用木柱作架支撑。

南宋绍定元年（公元1228年），孟珙守边于枣阳军（治今枣阳县），创建平堰，渠道自城中至城西18里，由八叠河经渐水，引水跨山涧九处，建通天槽（渡槽）83丈。此渠道工程跨山越水，修建了长距离的渡槽工程，每处渡槽平均长约九丈。工程效益颇大，溉田达十万亩[130]，设立十庄管辖，分与军民屯田，当年收谷15万石。

至于小型的渡槽设置就更多了。王祯《农书·农器图谱集之十三》称：“架槽，木架水槽也。”这是一种小型的木渡槽，刳木为槽，递相嵌接，不限高下，引水而至，木槽下置之叉木，可跨过凹洼，并可根据需要移动位置。这种设施当时运用已较为普遍。见图3－5－3－4。

其他如倒虹吸管、涵筒等交叉建筑运用也多。王祯《农书》载的连筒即为倒虹吸管，“乃取大竹，内通其节，令本末相续”，能架越涧谷引水。又有阴沟，王祯《农书》称：“行水暗渠也。”可通过道路、田园、聚落，以砖石砌成穴，以通水流。连筒见图3－5－3－5。



图3－5－3－4　架槽图



图3－5－3－5　连筒图

第四，渠道施工技术的进步。

渠道施工技术的进步，主要可从宋代修建的关中引泾的丰利渠体现出来。它的引水干渠沿山脚凿石渠，石渠长3141尺，石渠与河道之间，用大方石砌成石堤束水。乾隆《三原县志》卷七载明三原令张缙彦的修泾渠八策，其中“砌岸策”说：“土人云：旧拆丰利渠岸俱是大块方石，用铁贯连，中用糯米石灰灌满”。即砌石间用糯米石灰灌缝，方石凿有圆孔，从堤顶直至基岩，用铁水注入，形成铁筋。这样砌成的渠岸牢固，能抵御洪水期内外水的冲击。现存丰利渠首还有铁筋和基岩柱坑遗迹保存。



参考文献

〔1〕《隋书》卷三七《李询传》、《隋书》卷四六《元晖传》。

〔2〕《资治通鉴》卷二二一注。

〔3〕《通典》卷二《食货二·水利田》。

〔4〕据杨宽:《中国历代尺度考》数字计算。

〔5〕若以1亩地收3石稻计，则郑白渠灌区内应有100万亩水稻田，此数似过大，但足以说明水稻种植面积很多。又《唐语林·政事》载:“岁收稻二百万斛。”

〔6〕《册府元龟》卷四九七《邦计部·河渠二》。

〔7〕《新唐书》卷一四六《李栖筠传》。

〔8〕《新唐书》卷三七《地理志一》。

〔9〕宋·宋敏求:《长安志》卷一四。

〔10〕宋·宋敏求:《长安志》卷一四引唐《李石记》。

〔11〕《史记》卷二九《河渠书》。

〔12〕《旧唐书》卷一八五下《姜师度传》。

〔13〕《新唐书》卷一〇〇《姜师度传》;《旧唐书》卷一八五下《姜师度传》。

〔14〕《全唐文》卷二八《褒姜师度诏》。

〔15〕《唐会要》卷八七《漕运》;《新唐书》卷三七《地理志一》;《新唐书》卷一四五《黎幹传》。

〔16〕《新唐书》卷一三四《韦坚传》。

〔17〕《旧唐书》卷一〇五《王铁传》。

〔18〕宋·宋敏求:《长安志》卷一四引唐《李石记》。秦汉时称郑国渠灌溉面积达四万顷，这是规划的灌田数，因流量的限制，及渠道横穿石川河困难等因素，实际灌溉面积与此相差甚远。详见《中国水利史稿》上册，水利电力出版社，1978年第125页。

〔19〕关中麦子种植的增加，可从水力碾硙业的兴旺中反映出来。大历初，郑白渠上有“私碾万余所”(《册府元龟》卷四九七)据《旧唐书·高力士传》，高力士在丰水上作五轮碾，“日碾麦三百斛”。若以100所碾，每碾转一轮计算，则每日应碾麦6000斛。如再加上官碾和其他私碾，加工的数字更大，说明唐代关中小麦生产有很大发展。

〔20〕以下皆据《新唐书》卷三九《地理志三》记载。

〔21〕《新唐书》卷九五《窦威附窦静传》，又《旧唐书》卷六一《窦威附窦静传》岁收谷数为“数千斛”。

〔22〕《宋史》卷九五《河渠志五》。

〔23〕《读史方舆纪要》卷四〇太原府榆次县。

〔24〕景捷升等:《龙祠泉考》,《山西师大学报》1985年第4期。

〔25〕乾隆《赵城县志》卷二二，刘登庸:《霍拉分水铁栅记》。

〔26〕雍正《山西通志》卷六九《水利略四》。

〔27〕《隋书》卷四六《杨尚希传》。

〔28〕《元和郡县志》卷六《河南道二》。

〔29〕《元和郡县志》卷九《河南道五》;《新唐书》卷三八《地理志二》。

〔30〕《读史方舆纪要》卷五〇《河南五·汝宁府汝阳县》。

〔31〕《旧唐书》卷八《玄宗纪上》。

〔32〕《旧唐书》一七下《文宗纪下》。



〔33〕《新唐书》卷三九《地理志三》。

〔34〕《宋史》卷三〇〇《王沿传》。

〔35〕李光型：《天平闸说》，嘉庆《安阳县志》卷八。

〔36〕《新唐书》卷三九《地理志三》；《新唐书》卷一九七《薛大鼎传》。

〔37〕《通鉴考异》卷一四。

〔38〕宋·曾公亮：《武经总要》卷一八下前集。

〔39〕《新唐书》卷一二二《郭元振传》。

〔40〕《陈伯玉文集》卷八《上西蕃边州安危事》。

〔41〕《旧唐书》卷一〇三《张守珪传》。

〔42〕《太平广记》卷四八五。

〔43〕《旧唐书》卷一〇九《黑齿常之传》。

〔44〕《新唐书》卷一〇八《娄师德传》。

〔45〕《新唐书》卷一三五《哥舒翰传》。

〔46〕《新疆考古三个月》，载《考古简讯》1958年第5期；《新疆考古发现》，载《考古》1959年第2期。发现今巴里坤、焉耆、库车、轮台有唐代屯田遗址。《新唐书》卷二一六下《吐番传下》载："轮台、伊吾屯田，禾菽弥望。"《新唐书》卷二二一上《西域传》称：西州"屯守常千人"。

〔47〕《（高昌县）为申修堤堰料工状》，《新疆出土文物》，文物出版社，1975年。

〔48〕《新疆图志》卷八七《古迹志》。

〔49〕倪超：《西北之水利》，商务印书馆，1948年。

〔50〕李光廷：《汉西域图考》引《西游录》。

〔51〕蔡美彪等：《中国通史》第七册，人民出版社，1983年，345页。

〔52〕宋·魏了翁：《眉州新修蟇颐堰记》，载嘉庆《四川通志》卷二三《堤堰》。

〔53〕《新唐书》卷四二《地理志六》，以下未另注明者出处同。

〔54〕清·彭遵泗：《蜀故》卷一〇。

〔55〕宋·洪迈：《容斋随笔》卷九。

〔56〕《宋史》卷九四《河渠志四》，下文未注明者皆引于此。

〔57〕《宋会要辑稿》食货六一之九二所载宋天圣四年监察御史王沿奏疏。另外疏中称泾河所筑石堰，"岐彼中流，拥为双派，其南流者乃为泾水，其东流者乃是二渠（郑国渠、白渠）"。似为导流堰，而非拦河堰。但据《宋史·河渠志四》"修广皆百步"分析，应为拦河堰。

〔58〕《宋史》卷二九五《叶清臣传》。

〔59〕元·李好文：《长安志图·泾渠图说·渠堰因革》引载宋代侯蒙《开渠纪略》。

〔60〕以上见元·李好文：《长安志图·泾渠图说·渠堰因革》引宋代蔡溥《开修洪口石渠题名记》。同书中侯蒙《开渠纪略》称："凡溉泾阳、醴泉、高陵、栎阳、云阳、三原、富平七邑之田总二万五千九十有三顷。"又《长安志图·泾渠图说·渠堰因革》丰利渠条下有"溉七邑田三万五千九十余顷"的说法，似有误。

〔61〕《长安志图·泾渠图说·洪堰制度》。

〔62〕《长安志图·泾渠图说·渠堰因革》。

〔63〕秦建明等：《陕西泾阳北宋丰利渠口发现石刻水尺》，《文物》1995年第7期。叶遇春：《从郑国渠到泾惠渠》（《古今农业》1991年第1期）谓水尺处于元代王御史渠口。

〔64〕宋·蔡溥：《开修洪口石渠题名记》，《长安志图·泾渠图说·渠堰因革》。下文未著明者出处同。

〔65〕《刘梦得文集》卷二八《高陵令刘君遗爱碑》；《新唐书》卷三七《地理志一》。



〔66〕宋·宋敏求：《长安志》卷一七泾阳县。

〔67〕宋·宋敏求：《长安志》卷一七泾阳县引。

〔68〕元·李好文：《长安志图·泾渠图说·洪堰制度》，文中载有各渠具体斗数。

〔69〕《鸣沙石室佚书》中《水部式》残卷。

〔70〕《隋书》卷三八《卢贲传》。

〔71〕唐·独孤及：《毗陵集·故怀州刺史太子少傅杨公遗爱碑》。

〔72〕吴延燮：《唐方镇年表》卷四引唐·潘孟阳：《祁连郡王李公墓志》。

〔73〕《新唐书》卷一六四《崔弘礼传》。

〔74〕《册府元龟》卷四九七《邦计部》。

〔75〕《旧唐书》卷一七下《文宗纪要》，又《旧唐书》卷一六五《温造传》作太和五年。

〔76〕《宋会要辑稿》食货七之二〇。

〔77〕《元史》卷九三《食货志一》。

〔78〕《元史》卷六四《河渠志一》。

〔79〕《元史》卷一九一《谭澄传》。

〔80〕《元史》卷六五《河渠志二》。又天历三年（1330年），怀庆路同知阿合马建议恢复拦河石堰，涨水时关闭闸门，使水从石堰漫流，同时将减水河增开深阔。此建议虽得到批准，可能未实施。

〔81〕《宋史》卷三四九《刘昌祚传》。

〔82〕元·虞集：《翰林学士承旨董公行状》（《元文类》卷四九）载：董文用“始开唐来、汉延、秦家等渠”。

〔83〕乾隆《宁夏府志》卷二〇《大修汉渠碑记》。

〔84〕西夏“百亩为一顷”，每亩“一边各五十尺，四边二百尺算一亩”。（见史金波等：《文海研究》，中国社会科学出版社，1983年，第524页）每亩面积2 500平方尺，合今0.3537市亩，9万顷相当于今300万亩，是当时认为的可灌面积。

〔85〕克恰诺夫：《唐古特史纲》，转引自蔡美彪等：《中国通史》第六册，人民出版社，1979年，第202页。

〔86〕《元史》卷一三四《朵儿赤列传》。

〔87〕《元史》卷一六四《郭守敬传》。

〔88〕《元史》卷六《世祖纪三》。

〔89〕嘉庆《重修一统志》卷三四八《襄阳府三》。

〔90〕宋·曾巩：《元丰类稿》卷一九《襄州宜城县长渠记》。

〔91〕宋·郑獬：《郧溪集》卷一五。

〔92〕《宋会要辑稿》食货七之一九。

〔93〕《宋会要辑稿》食货六一之一一六。

〔94〕《宋史》卷三八四《汪澈传》。

〔95〕《宋史》卷一七六《食货志上四》。

〔96〕《元一统志》卷三。

〔97〕《欧阳文忠公文集》卷三八《司封员外郎许公行状》，记为四万顷误，当为四万亩。

〔98〕康熙《汉南郡志》卷一八艺文。嘉靖《汉中府志·水利志》有《骑都尉窦充记》，内容同。

〔99〕参见周魁一：《山河堰》，载水利水电科学院《科学研究论文集》第十二集，水利电力出版社，1982年。

〔100〕宋·窦充：《汉相国酂侯曹公庙记》，载康熙《汉南郡志》卷一八艺文。



〔101〕《宋史》卷九五《河渠志五》。宋·阎苍舒:《重修山河堰记》,载康熙《汉南郡志》卷一八艺文。

〔102〕《宋史》卷三六六《吴玠传》。

〔103〕《宋史》卷三六七《杨政传》。

〔104〕《宋会要辑稿》食货八之九。

〔105〕《宋史》卷九五《河渠志五》。

〔106〕宋·阎苍舒:《重修山河堰记》,载康熙《汉南郡志》卷一八。

〔107〕宋《晏袤修堰碑》,顺治《汉中府志·艺文》。

〔108〕宋·范成大:《吴船录》。

〔109〕《新唐书》卷四二《地理志六》。

〔110〕《新元史》卷一七四《李秉彝传》。

〔111〕《旧唐书》卷六五《高士廉传》;《新唐书》卷九五《高俭传》。

〔112〕以上见《新唐书》卷四二《地理志六》。

〔113〕嘉庆《四川通志》卷二三《堤堰》。

〔114〕《宋史》卷三一五《韩亿传》。

〔115〕嘉庆《彭县志》卷二九;《宋会要辑稿》食货八之一〇。

〔116〕宋·魏了翁:《壁津楼记》,《鹤山先生大全文集》。

〔117〕清·张之俊:《重修通济堰碑》,载嘉庆《彭山县志》。

〔118〕宋·宋敏求:《长安志》卷一四。

〔119〕元·宋秉亮:《泾渠条陈》,载《长安志图·泾渠图说·建言利病》。

〔120〕《宋史》卷九四《河渠志四》。

〔121〕沈衣食:《丽水通济堰多议》,《中国农史》1992年第3期。

〔122〕《元史》卷六五《河渠志二》。

〔123〕嘉庆《安阳县志》卷八。

〔124〕《沙州都督府图经》“七所渠”记载有宜秋、都乡、阴安、孟授、阳开、北府、三丈渠七条渠道。“甘泉水总述”中提到六条渠除与“七所渠”重复四条外,尚有东河、神农二渠,合起来应为九条干渠。《敦煌水渠》中有七条渠名同《图经》,但缺三丈、孟授二渠。

〔125〕以上参见李并成:《唐代敦煌绿洲水系考》,《中国史研究》1986年第1期。

〔126〕张松山:《成国渠史考》,载《陕西水利·水利志专辑》1987年第1期。

〔127〕《新唐书》卷三九《地理志三》。

〔128〕《旧唐书》卷一三四《马燧传》。

〔129〕《宋会要辑稿》“食货七”之二四。

〔130〕《宋史》卷四一二《孟珙传》。“亩”原文作“顷”,从下文收谷15万石看,顷似太大,有误。



第六章
灌溉管理、灌排机具和水准测量

随着灌溉工程建设的发展，唐、宋、元时期在灌溉管理、灌排机具和水准测量技术方面都取得了显著进步。

第一节　灌溉管理的进步

灌溉工程要发挥好的效益，不仅取决于工程技术水平的高低，还与工程的管理有密切的关系，只有兴建与管理并重，工程才能长期发挥效益，也才能做到经济合理用水，协调好各用水部门之间的矛盾。唐、宋时期灌溉管理的法则和制度由上而下逐渐完备，在组织机构、工程维修、用水分配、经费工力等方面皆积累了许多管理经验，并形成各地区颇有特色的灌溉管理制度。

一、国家颁布的水利法规

唐、宋时期水利管理的进步，集中体现的是政府颁布了全国性的水利法规，如唐代有《水部式》，宋代有《农田利害条约》等。

（一）唐代《水部式》和灌溉管理

唐代《水部式》是迄今见于文献最早的全国性水利法典。唐朝在中央工部尚书下设有水部，“掌天下川渎陂池之政令，以导达沟洫，堰决河渠，凡舟楫溉灌之利，咸总而举之”[1]。《水部式》便是中央水部制定的法规，用作全国水利管理的准绳。

据《鸣沙石室佚书》中收入的《水部式》残卷可知，《水部式》的内容很是丰富，就农田水利方面而言，有关于灌区组织管理的规定、关于灌溉用水制度的规定及关于处理农业用水与其他用水矛盾的规定等。

1. 在组织管理方面，唐朝中央政府工部尚书下设水部。

水部掌堤堰、河渠、沟洫、漕运等项工程的兴修和管理，置水部郎中一人，员外郎一人。又设有都水监，管理水运渔捕，及“渠堰陂池之坏决，水田斗门灌溉，皆行其政令”[1]。置都水使者二人及下属若干。唐中央政府对州县及灌区的水利管理组织还提出了具体要求，这在《水部式》中有体现。

《水部式》规定：“其州县每年各差一官检校，长官及都水官司时加巡察。”地方州、县两级行政长官有管理所辖地区的水利之责，每年还要另派官员督促检查维修工程设施和水利灌溉有关事宜。京畿地区水利发达，特地规定“泾、渭二水大白渠，每年京兆少尹一人检校”。当降雨过多，渠道泛涨时，“令水次州县相知检校疏决，勿使损田”。《水部式》还规定，将灌溉管理工作列为各级官吏考绩的重要内容，“若用水得所，田畴丰殖，及用水不平，并虚弃水利者，年终录为功过附考”。唐代不少官吏因维修管理灌溉工程成绩突出而受到奖励，如开元时同州刺史姜师度、建中年间抚州刺史戴叔伦、宝历时高陵县令刘仁师皆因成绩卓越得到嘉奖



和升迁。这对鼓励各级官吏搞好地方灌溉水利有很好的促进作用，使“为令者犹得以用一方之财，兴期月之役”，“故常以百里之官而创千年之利”[2]。

对灌区的管理机构，《水部式》也有规定。灌区配备专门管理人员，如各渠和斗门设“渠长及斗门长”，各堰设堰官等。这些管理人员一般选择“庶人年五十以上，并勋官及停官职资有干用者为之”[3]。他们的职责：平时组织维修工程设施；浇田时，“专知节水多水”，负责分水、配水，以公平均匀地用水。对关中的龙首、泾堰、五门、六门、升原等堰特别重视，规定：“令随近县官专知检校，仍堰别各于州县，差中男二十八，匠十二人分番看守，开闭节水，所有损坏，随即修理，如破多人少，任县申州，差夫相助。”各堰配备专门的维修队伍，随坏随修，以确保灌溉工作的顺利进行。为加强京畿水利管理，曾派官员充当白渠、漕渠及升原、成国等渠堰使。贞元四年（公元788年）特地在三白渠限口置监及丁夫守护[4]。《水部式》对兰田新开渠规定：每斗门置长一人，有水槽处置二人，“若渠堰破坏，即用随近人修理，公私材木并听运下”。西北沙州地区灌渠众多，《水部式》提道：“沙州用水浇田，令县官检校，仍置前官四人，三月以后九月以前行水时，前官各借官马一匹。”放水时派专人督察，并提供交通之用的官马。当时沙州灌区中设置“渠社”管理机构，负责维修渠道。敦煌地区还出现一种专门管理水资源的机构“水司”，长官为都渠伯使[5]，专管水利灌溉、祭祀水神、渠道维修及水田测量等事宜。

由上可知，唐朝时由上而下，从中央、州、县到灌区，以至斗门，设立多级管水机构，组成了较完善的管理体制，有效地发挥着管理职能，从而保证灌溉工程持续地发挥作用。

2. 在用水管理方面，《水部式》对泾、渭白渠及诸大渠的用水管理做了细致的规定。

一是提出斗门的设置要求。“泾渭白渠及诸大渠用水溉灌之处皆安斗门，并须累石及安木傍壁。仰使牢固”。斗门是灌区分水、配水和实行水量控制的关键设施，为了按计划用水，农田灌溉必须通过斗门引水，斗门砌筑要力求牢固。斗门设置地点、形式和大小“皆须州县官司检行安置，不得私造”。灌区通过斗门，按各渠道所控制灌溉面积的大小及所种植作物需水量的多少，调节干支渠的分水比例，以合理地调配用水。《水部式》规定：“京兆府高陵县界清白二渠交口着（置）斗门，堰清水，恒准水为五分，三分入中白渠，二分入清渠。若水两（量）过多，即与上下用水处相知，开放还入清水。”二月一日以前，八月三十日以后，非灌溉季节，“亦任开放”。又规定南白渠水入中白渠和偶南渠处，也安斗门，“堰南白渠水一尺以上，二尺以下，入中白渠及偶南渠；若水两（量）过多，放还本渠”。可见斗门的管理和启闭已形成制度，这是管理水平提高的反映。

二是不准在干渠上造堰壅水。《水部式》规定：“诸溉灌大渠，有水下地高者，不得当渠（造）堰。”干渠是灌区输水的动脉，一节有阻，将影响全局。这样规定，是为了减少上下游的矛盾，保持渠道正常的水位和流量。宝历二年（公元826年）泾阳、三原二县权贵豪绅在白渠上游“拥其冲，为七堰以折水势，使下流不厚”[6]。位于下游的高陵县上告于京兆府，结果依《水部式》判决所筑堰全部拆



除。然而为了满足高田灌水的需要，允许在干渠上设斗门取水。另外，“其傍支渠有地高水下，须临时暂堰溉灌者听之”。因支渠临时打堰影响的范围小，故不禁之。

三是执行轮灌制度，有计划灌水。《水部式》规定：“凡浇田，皆仰预知顷亩，依次取用，水遍即令闭塞，务使均普，不得偏并。”这样灌水使灌区内的田地普遍均匀受益；缩短了同时工作的渠道长度，渠道渗漏损失相对减少，提高渠系有效利用系数；利于渠道保持较高水位，扩大自流灌溉的面积；对于引浑水灌溉，利于提高渠流挟沙能力，减轻渠道淤积。唐代大灌区大多实行轮灌制。基本的原则是：“凡用水自下始。”[3]敦煌地区制定了一套严格的用水次第细则。敦煌遗书第3560页《沙州敦煌县地方用水灌田施行细则》是西魏时邓彦所立，迄至隋唐，都是一直在遵守的配水法则，文书载：“……右将已前渠水，都乡河下尾依次收用，若水不受，即向减入阶和、宜谷等渠，阶和、宜谷渠、双树渠、曹总同渠、麹家渠、翟总同渠，右件渠次承宜谷渠后，依次收用。如水多不受，即放阴安等渠收用。阴安渠、平渠、坞角渠，右将次承宋渠、八渠后依次收用。”其行水次序，从河到干渠，再由干渠到支渠、子渠。唐代《敦煌水渠》残卷具体记述了沙州甘泉水灌区各渠道之间的轮灌次序、灌溉次数及灌水时间。可见，《水部式》中轮灌的规定已落实到灌区管理中，体现了用水管理的成熟。

3. 在处理农业用水与其他用水关系方面，《水部式》中有关于碾硙用水、济运用水等的规定。

在渠系上设置碾硙，利用水力推动机械加工谷物，水头损失甚大，严重影响灌溉效益的发挥。对此，唐朝规定：“凡水有溉灌者，碾硙不得与争其利”，[3]即碾硙的用水是以不妨碍灌溉为前提。依据这一原则，《水部式》做了两点具体规定：一是对水力碾硙动用的时期做了限制。“诸溉灌小渠上先有碾硙，其水以下即弃者，每年八月三十日以后，正月一日以前听动用。自余之月，仰所管官司于用硙斗门下著锁封印，仍去却硙石，先尽百姓溉灌，若天雨水足，不须浇田，任听动用”。即在灌溉季节一般不准动用碾硙。二是所设置的碾硙应不影响渠道正常功用。“诸水碾硙，若拥水，质泥塞渠，不自疏导，致令水溢渠坏，于公私有妨者，碾硙即令毁破”。唐朝对皇室官宦、富商大贾在郑白渠上广设碾硙妨碍灌溉曾进行了多次治理。

航运用水与灌溉用水的矛盾很普遍，唐朝政府奉行“漕运第一，灌田次之”的原则。如《水部式》残卷第22条规定：“……运已了及水大有余，灌溉须水亦听兼用。”讲的是在同一河道上要先保证运输，只有运输完成后及水量充沛不妨碍船只航运的条件下才允许引水灌田。这是因漕运是国家大计，所以做了如此规定。

《水部式》的制定是从封建国家的整体利益出发，考虑各方利益，以做到较合理地利用水资源，协调水利部门与社会其他部门之间的用水矛盾，协调灌区上下游、局部和全局、蓄水和排泄等矛盾和纠纷。因此对水利工程的组织管理、工程管理和用水管理等规定了一套制度，利于督促维修工作，促进合理用水，使工程充分持续地发挥效益。所以《水部式》总的来说所起作用是积极的，其意义也是深远的。

（二）宋代《农田利害条约》及其实施

宋代熙宁二年（公元1069年），宋神宗为改变国家积贫、积弱的局面，起用有志于改革的王安石为参知政事，设置主持改革的新机构“制置三司条例司”，对



政治、军事、经济进行全面改革。王安石主张“理财以农事为先”，通过兴修水利，发展农业生产，以增加国家财富。为此在当年四月，派人到各路察看农田水利和赋役利弊。十一月十三日，继颁布均输法、青苗法后，条例司颁布了《农田利害条约》（又称《农田水利法》），这是国家发布的有关兴修农田水利的法规。

据《宋会要辑稿》“食货一”之二七及“食货六三”之一八三记载，《农田利害条约》共八款，主要内容如下：

1. 鼓励和支持官民为兴修农田水利献计献策。无论官员或老百姓，只要有关于农田水利的意见和建议，均可向有关官员和所属州县陈述。经研究或勘察，“如是便利，即付州县施行”。工程完工后，对建议人论功利大小酬奖，“其兴利至大者，当议量才录用”。

2. 规定各县应对辖区内的荒废田土进行调查。要弄清荒废原因、顷亩数目、坐落地段，并列出开垦计划，“各述所见，具为图籍，申送本州”。州经研究和复查，提出意见，据送主管官员。

3. 规定各县应对辖区内的农田水利状况进行勘查。了解大川沟渎有无浅塞需要疏浚，陂塘堰埭之类灌溉工程是否需要修治，以及规划扩建新建水利工程，皆要列出实施的具体方案，编为图籍，向州上报，由州将实施意见报主管官员。

4. 规定各县应对易遭大川泛溢之害，或地势洼下积聚雨潦的地区做出治理规划。需“修筑圩堤堤防之〔类〕以障水患；或开导沟洫，归之大川，通泄积水”，详细列出工程方案，编为图籍，报送上级批准后，加以实施。

5. 规定了官府收到有关兴修农田水利规划后的处置办法。官府收到水利建议后，要“差官复检。若事体稍大，即管勾官躬亲相度”。如确实可行，即交付县令实施；如一县不能独办，即由州府派官经理；若工程浩大，事关数州，即上奏朝廷解决。

6. 规定开垦荒地和兴修水利的财力筹集办法。当时工程一般由民户出工出料，如工役浩大，民力不足，可于常平广惠仓借贷支用，利息依“青苗钱”低息计算；或劝谕殷实富户，“出钱借贷，依例出息，官为置簿及催理”。私人出财力，组织兴修农田水利者，根据功利大小酬奖。“其出财颇多兴利至大者，即量才录用”。

7. 规定兴修公共的农田水利工程民户违章不出工料的科罚办法。“事关众户”的工程，有民户违章不出工料者，官府应为催督，并依情节大小，科罚钱粮。所罚钱粮，收归给本乡众户兴修水利工程使用。

8. 对兴修农田水利有功官吏做出奖励规定。凡县令能用新法兴修农田水利，由管勾官、提刑、转运使及本州长吏向朝廷奏明，按照功绩大小或升官职，或减少本任期升迁，或赐金帛，或再派任“陂塘圩埠堤堰沟洫田土堙废最多县分，或充知州通判令提举部内兴修农田水利”[7]。其他由本路管勾官差遣负责施工的人员，也按照以上办法按功利大小酬奖。

可见《农田利害条约》是着重从政策上鼓励兴办农田水利工程，以推动农田水利建设的发展，从而达到振兴农业生产的目的。《农田利害条约》的颁布和实施，调动了各地官吏和民众兴修农田水利的积极性，兴办农田水利的经费得到资助解决。“自是四方争言农田水利，古陂废堰悉务兴复”[8]，各地条陈水利的建议很



多，一些水利治理论说也很有见地。在《农田利害条约》的推动下，从熙宁三年至九年（公元1070～1076年），全国形成了前所未有的兴修农田水利的热潮。据《宋史·食货志》记载，在这六七年间，全国兴修农田水利“凡一万七百九十三处，为（水利）田三十六万一千一百七十八顷有奇”[9]。《宋会要辑稿》“食货六一”之六八列有开封府及各路兴修水利工程数及受益田亩数，现列表3－6－1－1。

表3－6－1－1　　熙宁变法期间各路兴修水利及受益田亩数表

地　区	兴修水利(处)	受 益 田（顷）	各路受益田占总数(%)
开 封 府	25	15 749.29	4.37
河北西路	34	40 209.04	11.16
河北东路	11	19 451.56(内官地0.27顷)	5.40
京东东路	71	8 849.38(内官地285.5顷)	2.46
京东西路	106	17 091.76	4.74
京西南路	727	11 558.79	3.21
京西北路	283	21 802.66	6.05
河 东 路	114	4 719.81	1.31
永兴等军路	19	1 353.91	0.38
秦凤等路	113	3 627.79(内官地1629.53顷)	1.00
梓 州 路	11	901.77	0.25
利 州 路	1	31.30	0.00
夔 州 路	274	854.66	0.24
成都府路	29	2 883.87	0.80
淮南西路	1761	43 651.10	12.11
淮南东路	513	31 160.51	8.65
福 建 路	212	3 024.71	0.84
两 浙 路	1980	104 848.42	29.09
江南东路	510	10 702.66	2.97
江南西路	997	4 674.81	1.30
荆湖北路	233	8 733.30	2.42



（续表）

地　区	兴修水利(处)	受 益 田 (顷)	各路受益田占总数(%)
荆湖南路	1473	1 151.14	0.32
广南西路	879	2 738.89	0.76
广南东路	407	597.73	0.17
总计	10783	360 368.86(内官地 1915.30 顷)	100.00

注：《宋会要辑稿》“食货六一”之六八所载的总数与各路加起来的总和稍有出入。

由表3-6-1-1可知，农田水利建设遍及全国各地，京城所在的开封府和其他23路都有农田水利工程的兴修。其中以两浙、两淮路兴修最多，共4254处，占全国工程总数的39.45%；受益农田179660顷，占全国受益农田总数的49.85%。其次是京城所在地开封府及其周围各路。总的来说南方兴修的水利工程数大于北方。

熙宁间不仅修复和新建了众多的工程，而且有的工程规模相当可观，工程技术也相应得到发展。如熙宁四年（公元1071年）襄州（今湖北襄樊市）“开修古淳河一百六里，灌田六千六百余顷”[10]。熙宁间知唐州（治今河南唐河县）高赋“作陂堰四十四”，改变了当地“榛莽者尚多”的面貌，“比其去，田增阔三万一千三百余顷，户增一千三百八十，岁益税二万二千二百五十七”[11]。杨汲“修古芍陂，引汉泉灌田万顷”[12]。淮东转运副使蒋子奇修扬州天长36陂，宿州临涣横斜三沟，“用工至百万，溉田九千顷”[13]。朱纮修复宜城木渠，溉田六千余顷[14]等。工程的修建促进了水利技术的进步，其中以郏亶上书的太湖水利治理论说及北方利用多沙河的放淤技术等进步尤为显著。

二、灌区管理法规

北方水资源短缺，唐、宋、元时期不少灌区制定了严格的灌溉管理制度，不仅重视维修水利工程设施，还实行计划用水，制订了一系列用水的办法，以关中的引泾灌区最具代表性。南方一些灌区也制定有管理维修制度，以保证工程持续发挥效用和合理用水，以四川都江堰和浙江丽水的通济堰所订堰规最为详细。

（一）北方灌区的管理制度

1. 关中的引泾灌渠。唐代《水部式》中已有涉及三白渠的灌溉管理条文。之后，灌溉管理制度更加完善，元代李好文在《长安志图·泾渠图说》中记载了宋、元时泾渠的管理制度，这集中反映在《洪堰制度》和《用水则例》两篇中。

《洪堰制度》规定：（1）渠首拦河溢流工程洪堰派有专人看守修护，“旧例水军三十人看堰，今议得令各县差富实人夫二名，五县计一十名看堰，若有微损，即便补修”。（2）灌区设有“渠司”这一管理机构，干支渠和分水斗门有巡监官和斗门子看管。渠司正官通过巡监官和斗门子预为督促受益户修渠砌叠斗口，并检查渠口质量确保不漏水。七月间由受益户分别疏浚相应渠段，维修渠系建筑物，“自八月兴工，九月工毕，”春首则植榆柳以坚堤岸，形成了工程岁修制度。在开斗浇田时，“渠司差人随逐水头监督使水，如有违犯，即使申报”。（3）三限、平石（即彭城闸）两处为分水枢纽。三限的分水原则：“北限入三原、栎阳、云阳；中限入



高陵、三原、栎阳；南限入泾阳。”到分水时，由各县正官一员亲到限首监督起闸分水。“若守闸之官不应或妄起闸一寸，即有数徼余水透入别县甚可关防”。平时五县各差监户一名与都监一同看守限口，“每日探量水深尺寸赴渠司申报”，凭水量多少进行分水，“水盛则多给，水少则少给”。(4) 为保护渠道安全和便于巡水，渠“岸两壁无得挡拦巡水道径”。干渠两边各空地一丈四尺，彭城闸以下四条支渠，渠岸两边各空地八尺，斗渠两旁各空地五尺。(5) 立斗门以均水。“凡水出斗，各户自以小渠引入其田”。不能浇到水的地要另修渠道，“凡渠不能出水则改而通水”。

《用水则例》规定：(1) 用水要申报。“凡用水先令斗吏入状，官给由帖方许开斗”。由斗门子向渠司申报其斗所属村中灌田户及亩数，渠司给予用水之帖，方许开斗。上下斗交接水有一定时刻，必须在规定的时间内浇好所报苗稼苗数，违者要处罚。“若有违犯水法，多浇地亩，每亩罚小麦一石”。又至元二十年规定：“不做夫之家，每亩罚小麦一石，兴工利户每亩五斗”。至元二十九年进一步规定：“违犯水法，不做夫之家每岁减半，罚小麦五斗，兴工利户每亩二斗五升。外据犯罪每亩笞七下，罪止四十七下”。(2) 放水有时间。“自十月一日放水，至六月遇涨水歇渠，七月住罢。”说明当时主要引清水灌田，在洪水期间不放水，以防止泥沙淤塞渠道。还规定各种作物浇水的时间：“照得十月一日放浇夏田，三月浇麻白地及秋白地，四月止浇一色麻苗一遍，五月改浇秋苗。”之后改为各户在“合得水限于内分用”。在不超过灌水时间和水量的情况下，可根据苗稼情况浇水，不一定非要浇一色苗稼，于民更为有利。(3) 由使水人户出夫浇水。规定一夫浇地亩数，“旧例每夫一名计浇田：夏田一顷三十亩，秋田四十亩，共一顷七十亩”。人夫按各家田亩数多少而出，大致一顷三十亩出夫一名。按当时占地数，大体上户一家出夫二名，下户由三户或五户出夫一名。元代因地广人稀，“依前限一顷三十亩为则加地一倍止出夫一名，添给其水”。亦即一夫浇地二顷六十亩，共有人夫 1800 名[15]。(4) 行水次序，自下而上，实行轮灌，昼夜相继。不准公田（指屯田）越次浇水，或因霖潦停止浇水。如让水空过不曾浇溉田亩，要“严加断罚”。不准上游垄断下游用水。除官府同意在地高渠深处打堰浇地外，“其余斗分条要依例自下而上挨排次序，照依原供地亩合浇水直放浇”，不准随便立堰，纵意多浇，违者断罚。(5) 违犯官禁，作奸弊者，按情处罚。违犯水法，多浇田地的；盗用渠系水的；渠岸修筑不牢；浇溉不应浇的地土，渠吏隐匿不报的；破坏护岸树木的；无故在分水口三限行立者，皆有罪。

特别要提出的是《长安志图·泾渠图说·洪堰制度》中提出了计算渠道流量的单位，“凡水广尺深尺为一徼”。书中注称：“徼音叫，古有徼道，谓巡禁道也，水家取以为量水准则之名，今农者耕地一方谓之一徼，义与此同。”测量的方法是在配水建筑的某一固定断面，“量初入渠水头，深广方一尺谓之一徼”。如“渠道上广一丈四尺，下广一丈，上下相析则为一丈二尺，水深一丈计积一百二十尺，为水一百二十徼”。定 120 徼水是进入渠道的最大水流。前人（约指宋代）在进水闸下石渠岸做一石龟，“水到龟儿嘴百二十徼水”。由于断面固定，水位的高低就标志着流量的大小，现代的量水堰即采用同样的原理。元代时因“渠底不及古渠之深”，认识到水位虽到



其则，犹不及全徼，只有80徼。又在三限、平石两配水枢纽设立水则（水尺），每日观测徼数向渠司申报，渠司据水量多少向各支渠分水及确定开斗数，“水盛则多给，水少则少给”。规定“斗分大水一徼一昼夜溉田八十亩，违者罪罚”。流量乘以时间则为水量，当时以徼数和时间来确定水量，叫做水程或水直，再定出溉田数。可见泾渠灌区最迟在宋代已进行量水工作，实施灌溉计划用水①。

从《泾渠图说》可知引泾灌区的灌溉管理制度细致严密，做到了按计划合理地配水，表明用水技术取得了很大的进步。

2. 山西的一些中小型灌区。唐、宋后也制定有渠规。如唐代贞观时在赵城县（今洪洞县北赵城）兴修引霍泉的灌渠工程，当时在县东北20里（霍山南麓广胜寺下）泉源下流百步许分水，开南北两渠。规定北霍渠渠口宽一丈六尺一寸，得水七分，溉赵城县二十四村田共385余顷；南霍渠渠口宽六尺九寸，得水三分，溉赵城县四村及洪洞县九村田共69余顷[16]。通过渠口宽窄来掌握分水量的多少，此方法符合水力学原理，操作起来简便易行，减少了争水矛盾。金代兴定二年（公元1218年），在洪洞县兴修了通利渠，灌溉农田2.6万亩。其时已订有渠规，以后逐代增订，至清代光绪三十二年（公元1906年）渠规增至152条，规定详细，其中沿革16条，渠口8条，渠道11条，渠堤9条，浇溉19条，兴工18条，选举15条，优免9条，惩罚36条，杂录11条[17]。制定这些管理措施与灌区内土地占有分散，渠堰属于许多地户公共占用有关，故需要制定详细渠规，以预防和解决水利纠纷，保证水利经常修护，渠堰供水公平合理。

3. 西北地区灌区。唐代以后一些灌区的灌溉管理制度也逐渐形成。如唐代沙州，“用水浇田，令县官检校”，并派专人监督。一些灌区中成立了群众性的管理水利的基层组织“渠社”。渠社大体由20户左右受益农户组成，负责人叫“录事”，其职责是组织本社农户进行防汛和维修渠道[18]，维护渠道的正常运行。唐代《敦煌水渠》残卷中记述了甘泉水灌区的灌水制度。内容包括渠道之间的轮灌次序，当时除干渠实行轮灌外，干渠内的各支渠也实行轮灌；还记有灌区的灌溉制度，规定全年需进行五次灌溉，每次灌水时间和水量又依据节气和作物生长阶段而定。能按照作物生长的需要制定灌溉制度，说明灌溉技术又有进步。

远到今新疆地区，灌溉管理也形成制度。唐代在安西都护府下设有专管水利的机构“掏拓所”，主管水利的官员称“掏拓使”，兴修水利实行按地亩征调劳役的制度[19]。吐鲁番地区解放以后出土了许多唐代文书，从中可知当时的灌溉管理状况。如《高昌县申修堤堰料工状》[20]文书，是开元年间高昌县知水官杨嘉恽向上级西州申报修理本县灌溉工程的报告。提出“新兴谷内堤堰一十六所，修塞制单功六百人”，“城南草泽堤堰及箭干渠，制用单功八百五十人”。说明堰闸渠道依据惯例每年都要“差人夫修塞”，并且动用的人工甚多。修堰管水之事由“知水官”

① 以“徼”的方法计算流量，宋代元丰元年（公元1078年）改修汴渠引洛水为源的清汴工程已用。《宋史》卷九四《河渠志四》称：“汜水出玉仙山，索水出嵩渚山，合洛水，积其广深，得二千一百三十六尺，视今汴流尚赢九百七十四尺。以河、洛湍缓不同，得其赢余，可以相补。”关于流量的概念，宋代还未引入“秒”进行计算。到清代康熙三十一年（公元1692年）才提出闸口流水多少，“先量闸口阔狭，计一秒所流几何”（《东华录》康熙三十一年）。开始引入“秒”计算流量。



负责”。出土的另一文书《计会行水浇溉》一文，是开元二十二年西州知水官致突厥游奕首领的关文，反映突厥部落在西州都督府的统一管辖下，分配灌溉用水的一些事宜。出土的文书中还有唐前期的“堰头牒”，是管理渠堰的堰头向上申报该堰地亩、青亩、耕种人等的文牒，说明唐代吐鲁番地区用水管理有严格的制度。

（二）南方灌区的管理制度

唐、宋以后南方的许多灌区各自形成具有当地特色的灌溉管理制度。

1．都江堰灌区。更加重视岁修维护制度，宋代已明确规定每年冬季实施断流，春季进行淘淤和维修。《宋史》卷九五《河渠志五》记载：“岁暮水落，筑堤壅水上流，春正月则役工浚治，谓之‘穿淘’。”元祐间（公元 1086～1094 年）还规定：“差宪臣提举，守臣提督，通判提辖，县各置籍，凡堰高下、阔狭、浅深，以至灌溉顷亩、夫役夫料及监临官吏，皆注于籍，岁终计效，赏如格。”政和四年（公元 1114 年）进一步规定：“检计修作不能如式以致决坏者，罚亦如之。”都江堰岁修工程由各级官吏层层负责，工程修筑有一定的规格，视质量好坏赏罚官员。宋代都江堰的岁修经费取之于民。大观二年（公元 1108 年）曾下诏，允许人民告发在岁修工程中贪污工费的主办官吏。元代沿习惯例，“岁治堤防，凡一百三十有三所，役兵民多者万余人，少者千人，其下犹数百人。役凡七十日。……不役者，日出三缗为庸钱”。到元统二年（公元 1334 年），四川肃政廉访司事吉当普为减轻民众岁修负担，定要害工程 32 处进行岁修，余悉罢之[21]，并将一些工程设施改用石筑，以求长久牢固。

宋代以后，都江堰总结出岁修“六字诀”、“三字经”和“八字格言”等，作为治堰岁修准绳。

岁修“六字诀”，就是“深淘滩，低作堰”六个字，这一经验可能在北魏前已形成了。明代曹学佺《蜀中名胜记·成都府六·灌县》引《水经注》曰：“江水又历都安县……李冰作大堰于此。立碑六字曰：深淘潬，浅包隝。隝者，壅江作堋，堋有左右口，谓之湔堋江。”[22]明确记载见于《元史·河渠志三》，元代已将六字诀刻于虎头岩的石壁上，作为岁修工程的准绳。“深淘滩”是说内江在凤栖窝下面的一段河床，每年清淤必须达到一定的深度（以淘到卧铁为准），否则会影响来年春灌时宝瓶口的进水量。“低作堰”是指飞沙堰的堰顶高程不宜筑得太高，以免影响飞沙堰的排洪和排沙效果，一般只能高出内江河床 2 米左右。“深淘滩”和“低作堰”是互相紧密联系的，只有在“深淘滩”的前提下才能“低作堰”。

治水“三字经”，是清同治十三年（公元 1874 年）灌县知县胡圻根据长久以来的岁修经验总结而成，即：“六字传，千秋鉴。挖河心，堆堤岸。分四六，干潦旱。水画符，铁桩见。笼编密，石装健。砌鱼嘴，安羊圈。立湃缺，片漏罐。遵旧制，复古堰。”光绪年间，在重刻三字经时，又在前面增加“深淘滩，低作堰”，后面增加“岁勤修，预防患”二句，并将“复古堰”改为“毋擅变”[23]，使之更为科学合理。特别是强调“岁勤修”是都江堰工程维护管理的基本指导思想。

治河“八字格言”指“遇弯截角，逢正抽心”，还有“乘势利导，因时制宜”[23]，也是作为治河的指导原则。这两句是讲岁修工程、整治河槽时，要充分掌握河流的流势和其他自然特点，利用有利条件，消除不利因素，根据不同情况采取



合适的措施；在河流弯段，凸岸截去沙滩角，凹岸设挑流护岸工程，顺直河段河道汊沟较多时，要挑深主槽，堵塞汊沟。

“三字经”和“八字格言”虽然出现于清代，但这些治水经验长期在岁修之中运用，源渊悠长。因为都江堰有了一整套的岁修工程管理经验，才能使古堰历久不衰。

2. 汉中山河堰灌区。宋代已在渠系配水和工程维修方面形成制度。当时规定：“两浇四渠平注疏入田畴，制铜板以限其多少，量地给之，俾水均足，而民绝争矣。相引也，以木制通中，铁其卷口，引水渠大小俱存，或样拔以土为口，减节水势也，沟塍绮错，原隰龙鳞，灌溉脉连，畎浍周布。”[24]水量按农田面积大小进行分配，靠各级闸门进行控制，闸门制作规范，“俾水均足”，避免了争水纠纷。堰渠维修方面，当时定有堰法，刻在堰上。北宋人阎苍舒《重修山河堰记》[25]记述了管理的办法，每年要维修大堰和渠道，工程量依照农户受益地亩的多少进行分配。发展至明清时期灌区管理制度更加详细。如嘉庆中（公元 1796～1820 年）汉中知府严如熤著有管堰详文 11 条，同时指出：山河堰“上下三坝，各分段落，一应堰工事宜井井有条。数千年来循之则治，失之则乱”[26]。说明灌区的管理制度是长时期形成的，具有相当强的实用性和科学性。

3. 杭州西湖。唐代经白居易全面整治后，灌溉面积达千顷，同时订有严格的管理制度。如对灌溉水量定有约束，“凡放水溉田，（湖水）每减一寸，可溉十五余顷，每一复时可溉五十余顷”。委派有官吏进行管理，灌溉季节，“先须别选公勤军吏二人立于田次，一人立于湖次，与本所由佃户据顷亩定日时，量尺寸，节限而放之”[27]。逢干旱年份，百姓可越过乡、县，直接向州政府请求放水，以免耽误作物的灌水时机。江南一带的湖泊水利，唐、宋以后多制定有灌溉管理制度，杭州西湖只是其中的一例。

4. 浙江丽水县的通济堰。南宋乾道四年（公元 1168 年）由郡守范成大对通济堰重加修葺后，制定新堰规 20 条，规定具体细致，备受后人称赞。

通济堰创建于南朝梁天监年间。宋代将渠首柴木坝改建成石坝，堰坝位于丽水县城西 50 里的松阳溪（今松阴溪）上，起蓄水抬高水位的作用。堰上游河岸筑有斗门，以把溪水引入干渠。之下有石函，横过渠面，引山水从渠上通过，宋政和初筑。其下一里为叶穴，与大溪相通，元祐年间筑，有闸控制启闭，渠水大时开闸排过量水入溪。再其下有六𣟩，𣟩是“节制三原之水轮流蓄放以均其灌溉之大闸也”。即开在干渠上的分水大闸。叶穴至开拓𣟩三里，开拓𣟩是分水咽喉，分有三条支渠，以中支最大，广二丈八尺八寸。开拓𣟩中支下行四里至凤台𣟩。凤台𣟩分南北两支，凤台北支下五里至陈章塘𣟩；凤台南支过三里至石刺𣟩，又五里至城塘𣟩，又下为九思𣟩。从干渠共疏为 48 派，即 48 条支渠，支渠上又有分水闸 72 处，称为小𣟩，“承接大闸之水，分流布润”[28]。灌区分为上中下三源，号称灌田两千顷。灌溉余水注入诸湖潴积起来，以备溪水之不足，“自是岁虽凶而田常丰”[29]。见下页图 3－6－1－1。

范成大重订的《通济堰规》[30]有 20 条，大体分为以下几方面内容：

（1）组织管理。明确各级管理人员产生的办法、职责和工作量。



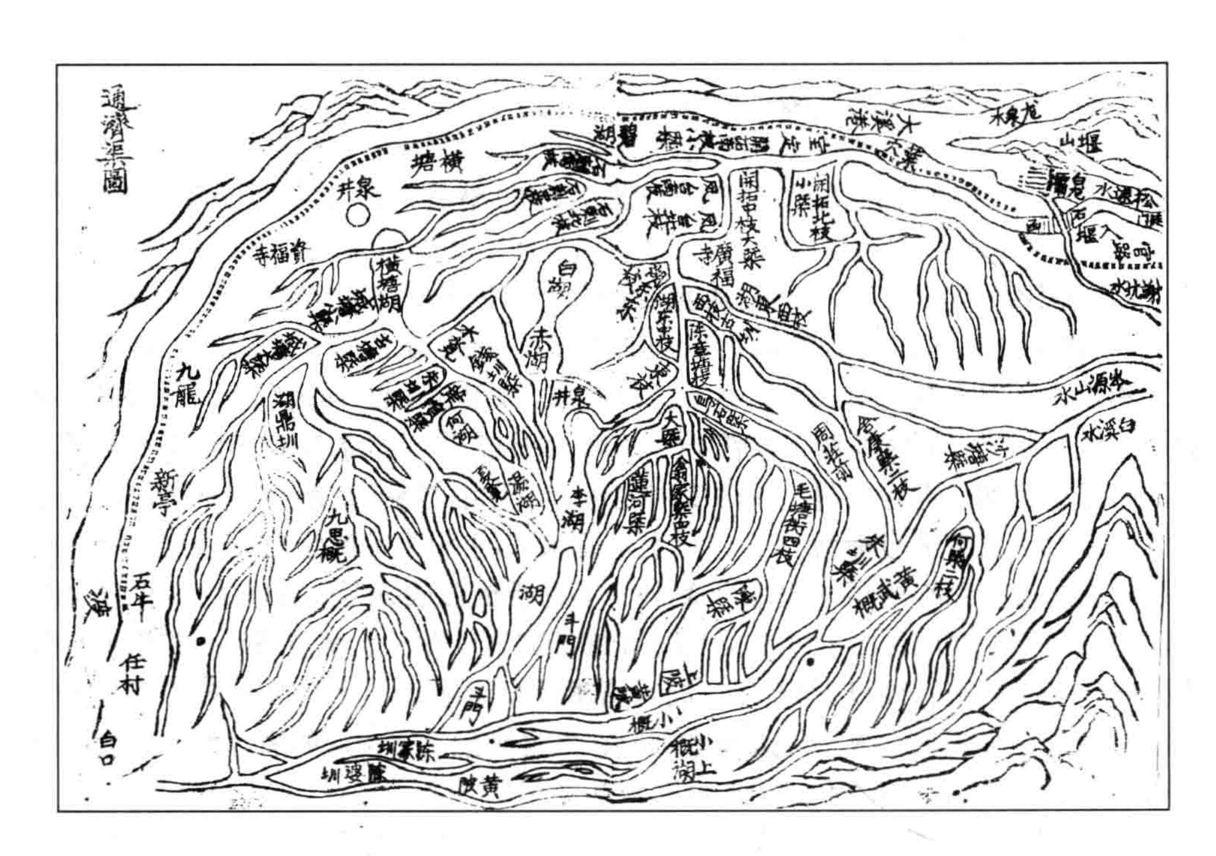


图 3－6－1－1　丽水通济堰图

（采自清《通济堰志》）

堰首。堰首是全堰管理的主持者，由全灌区田户共同推举产生，两年一换。其候选资格是“上中下源十五工以上，有材力公当者充”。即在灌区的上田户中推选，要求公正、干练，要兼顾上下游灌区群众的利益。推举方法，“集上中下三源田户保举”。堰首的职责是总负责通济堰灌区的工作；经常巡视堰堤、斗门、石函、叶穴，及时修治；掌握登记灌溉田户的堰簿；催工催费，“田户不如期发工纳钱，仰堰首举甲勾追”；处理纠纷；确定甲头。堰首有一定职权，但处于群众监督之下。如堰首有过错，职责未尽，工程维修不好，差募甲头不公，对侵占种植妨碍众人水利不觉察等，都可告官追究，“断罪改替”或罚钱“入堰公用”。

田户。三源各源各派上田户一名充任，佐堰首工作，并承担收支钱物和派工等工作。他们也是“二年一替”，但不脱产。也要受群众监督，“或有疏虞不公，致田户陈告，即与堰首同罪”。

甲头。由“三工以上至十四工”的田户轮流担任，每年一换。甲头的职责是传递指令，催派工费，本人也要负担劳役和工费。通济堰灌区共有十甲（包括附郭一甲），甲头属于不脱产的基层管理人员。

堰匠。由堰首差募六名堰匠，其中两名专管“船缺”，其余四名看守堰堤，“或有疏漏，即时报堰首修治”，并专门维护“石函斗门”。工程进行修治时，堰匠就担任技工。

概头。专管放水口门“堰概”的人称为“概头”。“堰概”条中规定，在开柘、风台、城塘、陈章塘、石刺等概“利害去处，各差概头一名”。当了概头之后，可以免当甲头及其差使。其余小概头与湖塘堰头每年可免本户三工。



叶穴头。叶穴“系是一堰要害去处”，差上田户一名充当，专看管叶穴，称为“叶穴头”。职责是：遇大雨时及时放开闸板，当灌溉时不得擅自开放。“所差人两年一替，特免本户逐年堰工。如违误事，断罪倍罚本户工，仍看管龙女庙”。

堰司。甲头中选能书写之人担任，任文字工作，“三年一替，如大工役，一年一替”。堰司可免充甲头一次。

（2）资金劳力管理。规定田户出工出钱的办法和制度。

堰簿。通济堰灌区有两本账：一是劳力账，称为“都工簿”，由堰首收管；二是田亩账，称为“田秧第等簿”，专门派有掌簿人，“请公当上田户一名收掌，三年一替”。如果田亩有变化，必须经官核实，按照（官府簿册）改正，岁终时将改正的等第送交堰首。堰首和管簿人不能随便改动簿册记载，违者受罚。管簿人期满交接时，也要交官府核准。

堰工。按农户秧把数的多少，规定出工出钱数。宋代当地按水田每栽秧500把算作“一工”，一工的面积大致相当现今一亩。在灌区内，凡有田“十五工以上”的田户，称为“上田户”，上田户有参与管理的责任。派工按田亩多少派工，即按堰簿上登记的田亩数派工。除出工外，还要按工派钱。派钱分“乡村”和“城郭”两种情况。“乡村并以三分为率，二分敷工，一分敷钱”。即乡村以田亩为依据，出工与出钱的比例为2:1。城里人可允许折钱代工。“城郭上有三工以下者，并敷钱，其三工以上者，即依乡村例，亦以三分为率，每工一百文足”。就是说，城镇居民中田产少者，不分配劳役；田产多者，仍按乡村同样比例出工，但所派工数如不去服役，允许出一百文钱去顶一工。派钱的标准，是依田亩多少定为三等：田产最少的，“下户每二十把至一百把，出钱四十文足”；田产多的，“二百把以上敷一工”，即交钱一百文；超过五百把，就论工出钱，每工一百文。所交钱数核定之后，由官府发出红色的派工派钱凭证，称为“赤历”。“官给赤历二道，二道一年一易。内一道充收工，一道充收钱粮。并仰堰首同轮月上田户逐时抄上”。不得增减作弊，或泛滥支使，违者，许田户上告官司，调查得实，要处罚管掌人。至于出工及费款的交纳，每年分作三期催发。例如“田户管六十工，每限发二十工。设使不足，又量分数催发，田户不得执定限”。这样分配可从本年修堰工程量的实际出发，工程量大则多派，工程量小则少派。堰首不能营私，田户也要按时投工缴费，否则皆要处罚。

堰夫。兴工役时规定上下工时间和劳动定额。劳动时间规定“卯时上工，酉时收工”，一共六个时辰，大致相当现今的早晨5~6时上工，傍晚5~6时收工，工作时间12小时，但这中间包括了午饭时间。劳动定额，堰规中举了“入山斫筱”的例子。定额是“每工限二十束，每束长一丈，围七尺。至晚差田户交收，一日两次，点工不到，即不理工敷”。维修堰堤渠道，采取分段包干办法，由“众田户分定窠座丈尺”。淘挖渠道淤积，“集工开淘，各依古额”。

请官。灌区所有维护管理工程，都由群众自办。但遇“大堰倒损，兴工浩大”；或“亢旱时上役难办”时，允许田户向县陈请，由县委官督率施工。

（3）工程管理。对各项工程设施逐条作了管理维护规定。

船缺。堰面稍低处以过船称为船缺，以条石砌面。堰匠守缺，一般船只用人力



拖曳翻过，舟船重载者，令卸货后再过堰，不使损坏堰堤。

堰概。即分水闸门。开闭皆定有日期，不许越次争水。

渠堰。渠道淤塞时，由众田户及时清淤，禁止栽竹子于渠岸上。

石函斗门。差堰匠淘石函淤塞，根据水情启闭该斗门。"如遇洪水及暴雨，即时挑闸，免致沙石入渠。天晴水落，即开闸放水入堰渠。轮差堰匠，以时启闭。"

湖堰塘。湖塘是潴水之地，禁止侵占围筑私田。

堰庙。堰首派人看守，维护好堰上龙王庙、叶穴龙女庙。

水淫。是溢水注入的洼地，作滞洪区之用。除设于规定的地方外，不准私设，以免占地；也不准"争占"私用，否则"许被害田户申官追断"。

开淘。灌区除平时及时维修损坏处外，每年冬季集中进行岁修。尤其是淘挖淤积尤为重视，专立"开淘"一条。每年每甲定50工用于淘淤，全灌区十甲共安排500个劳动日。淘淤一般安排于堰首两年任期将满时，"于农隙之际，申官差三源上田户，将二年所留工数，并力开淘，取令深阔，然后交下次堰首"，以便交接，形成两年一次的治理制度。

堰山。此山木材，专供每春修堰之用。

（4）用水管理。订有"逆归"条，规定不出工者不得堰内水利，不许偷别堰水，上游渠段不许用板木障水入田，妨碍下游灌溉。

在大旱之年实行轮灌制，"遇亢旱时，揭中枝一概，以三昼夜为限；至第四日即封印；即揭南北概荫注，三昼夜讫，依前轮揭"。在用水中，不许轮次紊乱，"如不依次序，及至限落概，概首申官施行"。为防止天旱时发生争水纠纷，官府在必要时需出面监督。

从《通济堰规》来看，灌区管理贯彻了群众自治自管的精神，官府不作过多的干预；规定的各级管理人员职责分明，有严格的惩罚条款加以约束；对各项设施坚持经常的维护制度，定期进行淘淤；用水有章可循，要求上中下段田户利益均衡，不准上游影响下游用水。后代堰规的具体内容有所修订，但基本原则未变。明代万历三十六年（公元1608年）樊良枢《议兴复水利文牒》说："三原（源）各享其利而不争，三时各安其业而不乱，此法之最良，备载堰规也。"[31]《通济堰规》后代又有增订。万历三十六年（公元1608年）知县樊良枢重定堰规八条。同治五年又增加灌溉制度十条和维修堰工条例十条，以及重要工程维修经费和堰务经费开支等条文[32]。所订堰规侧重在灌区的管理和工程维修。通济堰至今仍在发挥作用，这与长期重视管理维护有密切关系。

第二节 灌排机具的发展

唐、宋时期，耕地开发区域扩大，尤其是南方地区，人口增加迅速，除继续开垦平原耕地外，还努力开发低洼地和山丘地。不能进行自流灌溉的山丘高地，地高水低，需要提水灌溉；排水不畅的低洼圩田，地低水高，需要人工排水。为了取得农业的增产，人们对原有的龙骨水车加以推广，促使其在各地广泛使用，并且创造出适于不同环境条件的筒车和汲取井水的水车。灌排机具的动力亦由人工提水发展



到利用畜力、水力和风力提水。这一时期我国灌排机具的技术水平处于世界的领先地位。

一、龙骨水车的推广和发展

龙骨水车，初名翻车，汉魏时期已有应用，但在大田生产上并未普及，唐代为适应稻作农业发展的需要，开始在南北各地推广使用。特别是南方地区，以种植水稻作物为主，水稻生育期间离不开水，往往架水车从河湖提水灌田，这种提水方式适于一般农户使用。《元和郡县志》卷二七江南道蕲春县（今湖北蕲春县北）条载有“翻车故城”、“翻车水”等名称，以翻车来命名，说明翻车已经较多地被使用。四川地区也有使用水车的记载。《太平广记》卷二〇五载：元和中蜀将皇甫直为了从水池中找寻宝物，乃“集客车水，竭池穷泥”。当时水车已是常用之器。

唐代后期，水车还向北方关中等地区推广。关中地区当时水稻有大面积的种植，为了满足稻田灌溉的需要，以灌溉渠水引不上的水田，政府有组织地推广水车。《册府元龟》卷四九七载：“（大和）二年（公元828年）闰三月，京兆府奏准内出样造水车，讫时郑白渠既役，又命江南征造水军匠（应为水车匠），帝于禁中亲指准，乃分赐畿内诸县，令依样制造，以广溉种。”[33]当时工匠从江南征来，可见水车是由南方向北方推广的。

唐代的水车不仅在国内推广，而且还传播到日本。日本《类聚三代格》卷八载：天长六年（公元829年）五月《太政府符》颁有做水车的指令，称：“耕种之利，水田为本，水田之难，尤其旱损。传闻唐国之风，渠堰不便之处，多构水车，无水之地，以斯不失其利。此间之民，素无此备，动若焦损。宜下仰民间，作备件器，以为农业之资。其以手转、以足踏、服牛回等，备随便宜。若有贫乏之辈，不堪作备者，国司作给。经用破损，随亦修理。”[34]这一记载，说明日本原无水车，公元9世纪前期才经由中国引进，而且式样有手转、足踏、牛转水车等多种，反映出当时我国龙骨水车技术水平之高。

宋代，龙骨水车在长江中下游地区大抵已经普及，有关记载不少。如范仲淹有“水声终夜救田车”诗句[35]。王安石的诗《复元丰行》：“水映绵绵复多稌，龙骨长干挂梁梠。”又《独归》：“钟山独归雨微冥，稻畦夹冈半黄青。疲农心知水未足，看云倚木车不停。”《山田久欲坼》：“山田久欲坼，秋至尚求雨。妇女喜秋凉，踏车多笑话。欹眠露下轲，侧见星月吐，龙骨已呕哑，田家真作若。”[36]张耒有“踏车激湖水，车众湖欲竭”[37]之句。苏东坡《无锡道中赋水车》“翻翻联联衔尾鸦，荦荦确确蜕骨蛇。分畦翠浪走云阵，刺水绿铖抽稻芽”[38]。楼璹《耕织图》诗：“揠苗鄙宋人，抱瓮惭蒙庄，何如衔尾鸦，倒流竭池塘。”“衔尾鸦”形象地表示了龙骨水车的动态。陆游《剑南诗钞·春晚即事》：“龙骨车鸣水入塘，雨来犹可望丰穰。”范成大《石湖居士诗集》卷二七：“下田戽水出江流，高垅翻江逆上沟。地势不齐人力尽，丁男长在踏车头。”描写了农村利用脚踏水车在低田排水，高地灌溉的状况，而壮劳力农忙时常要踏水车。以上诗句反映的多为江南农业生产，说明宋代江南龙骨车的使用最为盛行。元代王祯对龙骨车大加称赞，说翻车是“水具中机械巧捷，惟此为最”[39]。在电力排灌的抽水机发明以前，水车是我国社会上应用最广、效果最大的一种排灌机具。

翻车（龙骨水车）的构造，按动力分，可有以下四种：

（1）人力翻车。汉魏创制时的翻车是用手摇动的，机构较简单轻便，估计提水量较少。唐代以后出现了脚踏翻车。宋代文物图中，有水车的图像出现。如宋《耕获图》[40]中有四人同踏一部水车的画面，水车形制与现代的相同。见下页图3-6-2-1。元王祯《农书·农器图谱集之十三》对脚踏翻车的结构作了详细描述：

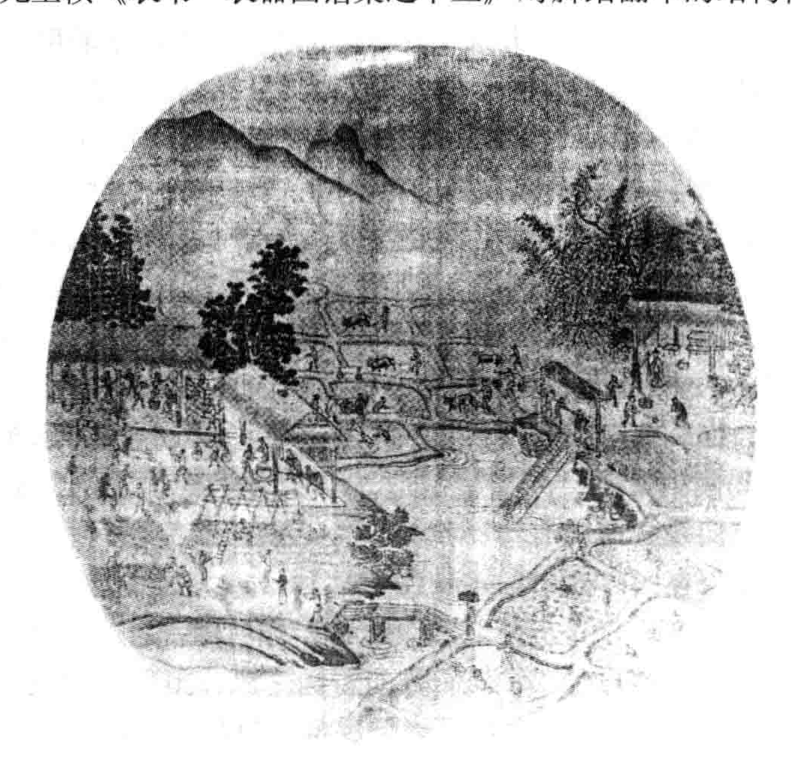


图3-6-2-1　宋代耕获图

（故宫博物院藏品，采自《宋人画册》）

"翻车，今人谓龙骨车也。……其车之制，除压栏木及列槛桩外，车身用板作槽，长可二丈，阔则不等，或四寸至七寸，高约一尺。槽中架行道板一条，随槽阔狭，比槽板两头俱短一尺，用置大小轮轴，同行道板上下，通周以龙骨板叶。其在上大轴两端，各带拐木四茎，置于岸上木架之间。人凭架上踏动拐木，则龙骨板随转，循环行道板刮水上岸。此翻车之制，关楗颇多，必用木匠，可易成造。"这是利用齿轮原理，以上端立齿轮为主要机件，立齿轮的轮轴向两侧伸出，通过人踏拐木带动木链，利用木链上的一个个括水板将水括入车槽，水顺着车槽将低处水提升到高处。王祯《农书》还说："其起水之法，若岸高三丈有余，可用三车，中间小池倒水上之，足救三丈已上高旱之田。凡临水地段，皆可置用，但田高则多费人力。如数家相助，计日趋工，俱可济旱。"脚踏翻车的动力比手摇翻车大，提取的水量较多，提水高程已达数丈高，此种机具在农村中使用最为普遍。见下页图3-6-2-2。

（2）畜力翻车。人力踏车，颇为辛苦，所以又有畜力翻车产生。其提水结构与脚踏者相同，只是传动结构有变化，是在翻车上轮的横轴上装一个立齿轮，旁边另外安制大立轴，立轴上再装一个卧齿轮，使和立齿轮的齿相衔接。立轴上装一个横杆，当牲畜拉着横杆转动时，通过两个大齿轮的传动带动翻车转动，向上提水。见下页图3-6-2-3。



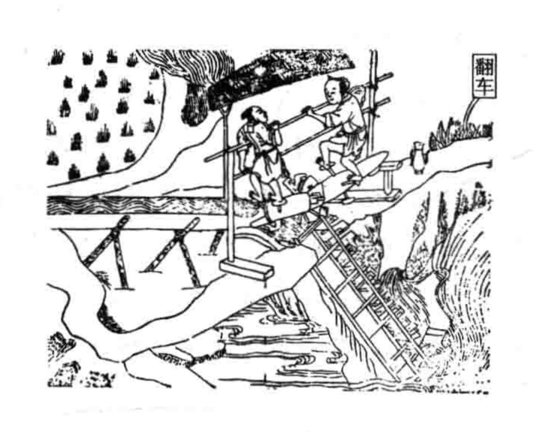


图3-6-2-2　脚踏翻车
（采自王祯《农书》）



图3-6-2-3　牛转翻车
（采自王祯《农书》）

（3）水转翻车。水转翻车利用水力带动，具有很大的经济意义。据元王祯《农书·农器图谱集之十三》记载，水转翻车有卧轮式和立轮式两种，水车结构与人踏翻车基本相同，但必须安装于流水岸边。方法是于“岸边掘一狭堑，置车于内，车之踏轴外端作一竖轮，竖轮之旁架木立轴，置二卧轮，其上轮适于车头竖轮辐支相间，乃擗水傍激，下轮既转，则上轮随拨车头竖轮，而翻车随转，倒水上岸”。此是卧轮式水转翻车，比牛转翻车多一水流带动的下轮。见图3-6-2-4。“若作立轮，当别置水激立轮，其轮辐之末，复作小轮，辐头稍阔，以拨车头竖轮”。卧轮式与立轮式“当视其水势，随宜用之”。一般水源较高时，采用立轮式。王祯评介水转翻车，“其日夜不止，绝胜踏车”；“以水力代之，工役既省，所利又溥”。但徐光启《农政全书》卷一七指出其缺点：“此（指水转翻车）却未便，水势太猛，龙骨板一受龃龉，则决裂不堪，与今风水车同病。若长流水中，不如筒车为稳。”故水转翻车实际上未能普遍使用。从王祯说此翻车是“新制”来看，其出现的时间大致在宋、元之际。

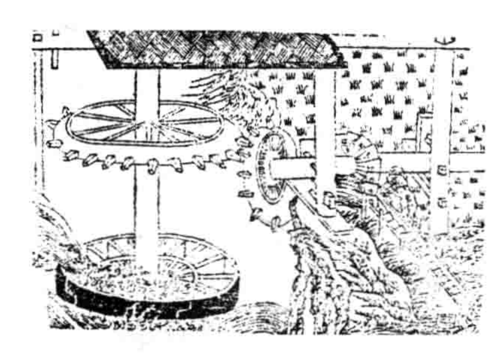


图3-6-2-4　水转翻车
（采自王祯《农书》）

（4）风转翻车。利用自然风力作翻车的动力。最早记载见于元代任仁发《水利集》，文中专门论述浙西治水，有“水车、风车、手戽、桔槔等器”。风车与一系列灌排农具并列，无疑是指风转翻车，而非加工谷物的风扇车。风车首先在风力资源较丰富的沿海地区使用，之后逐渐传到内地和西北，明、清时期应用增多。明洪武时童冀《水车行》说：“零陵水车风作轮，缘江夜响盘空云。轮盘圆径二三丈，水声却在风轮上。盘盘自转不用人，年年祇用修车轮。”[41]此后《天工开物》、《农政全书》、《物理小识》，以及崇祯《松江府志》、同治《扬州府志》、同治《续天津县志》等古籍中，均有关于风转水车使用情况的记述。

根据清代周庆云《盐法通志·风车》、金武祥《粟香二笔》等文献记载，我国



古代灌排用的风转水车结构由风车和水车两部分组成。水车一般用龙骨水车；风车大致有两种型式：一种是立轴式风车，又称“走马灯式”或“立帆式”风车；另一种是卧轴式风车。立轴式风车以坚木为轴，高约二丈余，轴上装八棱木架，轴下端装一输出动力的大齿轮，木架的八棱上各装有一小立柱，紧靠立柱装帆。当帆受风时，通过木架带动风车转动，动力即由风轮轴下端大齿轮传出，并与一横轴齿轮啮合，带动横轴旋转。横轴末端又有一齿轮，带动龙骨水车连续不断地运转而提水。立轴式的风向调节装置简单巧妙，各帆内侧由一绳控制风帆的方位，使风轮不受风向改变的影响。其风速调节也简便，当风力有变化时，可以通过风帆的升降来改变帆的受风面积，以保证风车转速的稳定[42]。见图3-6-2-5。卧轴式风车，风轴由3～18面布篷组成（以八面为多），风轮旋转平面与风向垂直。卧轴式风车的缺点是风向改变时会影响风车的转动，体积也不能过大，否则会造成动力波动。

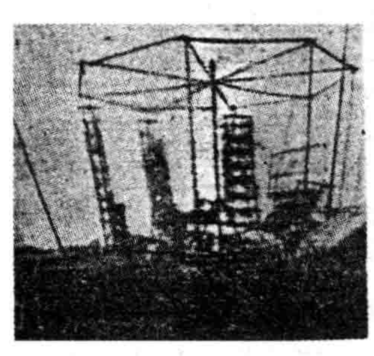


图3-6-2-5　立帆式风轮
（采自《中国农业机械史》）

风转水车，不用人力畜力，“风吹棚（篷）动，车轮旋转不已，而水自汲入田间”[43]。效率甚高。但因造价昂贵，占地面积大，一般农户无力购置和使用，除少数地区外，未在农业生产上广泛使用。

二、筒车的创制和使用

丘陵山区，坡陡流急，水力资源丰富，而农田一般离水面较高，提水灌溉费力，于是人们就创制了利用水力的筒车。筒车发明于唐代，称为水轮，已应用于农田灌溉。唐代后期陈廷章写有《水轮赋》（《全唐文》卷九四八），文中说：“水能利物，轮乃曲成。升降满农夫之用，低徊随匠氏之程。……虽破浪于川湄，善行无迹；既斡流于波面，终夜有声。观夫斫木而为，凭河而引，箭驰可得，而滴沥辐凑，必循乎规准。……殊辘轳以致功，就其深矣，鄙桔槔之烦力，使自趋之。转毂谅由乎顺动，盈科每悦乎柔随。……回环润乎嘉穀，洊至踰于行潦，钩深致远，沿洄而使在山，积少之多，灌输而各由其道。”赋文对水轮进行优美的描述。通过词句得知，这是一种提水灌溉的水车，重要的部件是“水轮”，用木制成，架设在湍急的河川中。利用水流的力量冲击木轮转动，把水提上岸去。显然，这种“水轮”就是筒车。文学作品中能有如此具体形象的反映，说明当时筒车确实已应用于农业生产之中。

宋代南方丘陵地区得到大量开发，筒车在四川、湖南、江南、广西、云南等多山地区相继应用。宋代称筒车为水车、竹车、水轮等，不少诗文出现咏颂筒车的句子。如北宋梅圣俞农具诗中有《水车》一首：“既如车轮卷，又若川虹饮。能移霖雨功，自致禾苗稔。上倾成下流，损少以益甚。汉阴抱瓮人，此理未可谂。”[44]李处权《赋水轮》云：“江南水轮不假人，智者创物真大巧。一轮十筒挹且注，循环上下无时了。四山开辟中沃壤，万顷秧齐绿云逸。”[45]筒车名始见于南宋张孝祥的《过兴安呈张仲钦》诗，称“筒车无停轮，木枧着高格。秔稌接新润，草木丐余泽”[46]。他又有《湖湘以竹车激水，秔稻如云，书此能仁院壁》诗，记载湖南一



带筒车盛行的情况："象龙唤不应，竹龙起行雨。联绵十车辐，伊轧百舟橹。转此大法轮，救汝旱岁苦。"[47]南宋赵蕃《激水轮》描写长沙一带筒车的使用情况："两岸多为激水轮，创由人力用如神。山田枯旱湖田涝，惟此丰凶岁岁均。"[48]一些筒车以竹制成，故称为竹车。

元代时，筒车类型增多。王祯《农书》记载有四种：即筒车、驴转筒车、高转筒车和水转高车四种。该书《农器图谱集之十三》对这四种筒车作了介绍：

筒车："流水筒轮。凡制此车，先视岸之高下，可用轮之大小，须要轮高于岸，筒贮于槽，乃为得法。"其车主体用竹或木制成一个大型立轮，由轮叶和轮圈组成，轮的周围斜装上若干小木筒或小竹筒。然后用一个横轴架起，轴的两旁阁于水中桩柱上，立轮的下部浸入水中，轮的上部高于岸。于是，"水激轮转，众筒兜水，次第下倾于岸上所横木槽，谓之'天池'，以灌田稻，日夜不息，绝胜人力"。如果人力稍缓，则用木石作栅（堰）遏水，抬高水位，使之旁出激轮；如遇流水狭处，也可垒石作堰使水汇聚，再转动水轮。筒车使"人无灌溉之劳，田有常熟之利"，在山丘地区应用普遍。

驴转筒车：其轮车主体同水转筒车，"但于转轴外端别造竖轮，竖轮之侧，岸上复置卧轮"，用驴或牛牵拽卧轮旋转，则筒车随之转动。这种筒车用于无流水处，"凡临坎井或积水渊潭可用"。明代徐光启认为此法太拙，说："筒车之妙，妙在用水（力），若用人畜之力，是水行迂道，比于翻车，枉费十分之三。"[49]

高转筒车："其高以十丈为准，上下架木，各竖一轮，下轮半在水内，各轮径可四尺。轮之一周，两旁高起，其中若槽，以受筒索。"筒索以三股竹组成，"如环无端"。索上每距五寸置一竹筒，筒长一尺，竹筒索之底托以木牌，以铁丝缚定。复在两轮之间，架平底行槽木一条，以承筒索之重。用"人踏，或牛拽，转上轮则筒索自下，兜水循槽至上轮，轮首覆水，空筒复下。如此循环不已，日所得水，不减平地车戽"。如田高岸深，可以再架一车，提水总高程计达200余尺，山上之田也能灌之。这种高转筒车，大约唐代已经创制。唐刘禹锡《机汲记》载："一旦有工爰来，思以技自贾……请用机以汲。……由是比竹以为畚，寘于流中，中植数尺之臬，辇石以壮其趾，如建标焉。索绹以为絙，縻于标垂，上属数仞之端，亘空以峻其势，如张弦焉。锻铁为器，外廉如鼎耳，内键如乐鼓，牡牲相函，转于两端，走于索上，且受汲具，及泉而修绠下縋，盈器而圆轴上引，其往有建瓴之驶，其来有推毂之易。瓶繘不羸，如搏而升，枝长澜，出高岸，拂林杪，踰峻防，刳蟠木以承澍，贯修筠以达脉，走下潺潺，声寒空中，通洞环折，唯用所在。"[50]从"比竹以为畚"，上下架有两轮，用索联系的描述看，此器应为王祯《农书》中的高转筒车。

水转高车："遇有流水岸侧，欲用高水，可用此车。其车亦高转筒轮之制，但于下轮轴端别作竖轴，傍用卧轮拨之，与水转翻车无异。水轮既转，则筒索兜水循槽而上。"此水车要具有"高水"条件，利用较大的水位落差为动力。如"水力相称"，"则日夜不息，绝胜人牛所转"。当时才创制此车，故王祯讲是"秘术"。水转筒车与高转筒车结构较为复杂，且用竹木做成，使用中易发生故障；成本又高，一般农家置办困难，故在农业生产中不能普遍推广。但在机械发展史上仍值得重



视，这种以筒索汲水的结构为后来斗索式采掘机的制造打下了基础。见图3－6－2－6；图3－6－2－7；图3－6－2－8；图3－6－2－9。



图3－6－2－6　筒车

（采自王祯《农书》）



图3－6－2－7　驴转筒车

（采自王祯《农书》）

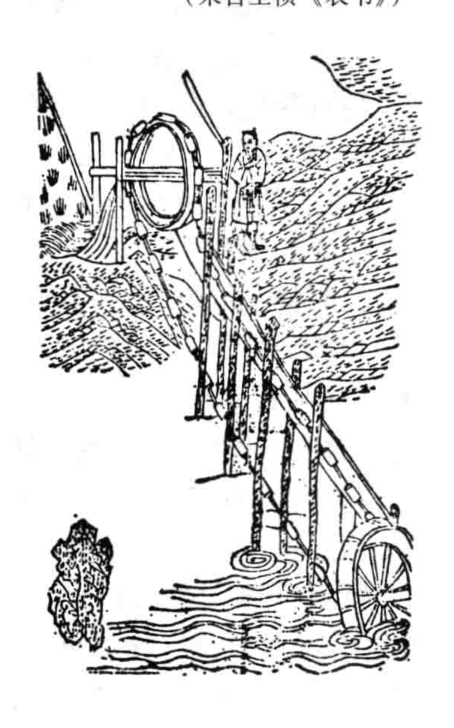


图3－6－2－9　水转高车

（采自王祯《农书》）



图3－6－2－8　高转筒车

（采自王祯《农书》）

三、井式水车的发明

翻车、筒车用于提取河湖陂塘等地表水，而不适于提取井水。随着井灌的发展，唐代创制了比桔槔、辘轳汲水效率更高，用于井中汲水的水车。唐人刘禹锡《何处春深好》（《全唐诗》卷三五七）诗云："何处深春好，春深种莳家。分畦十字水，接树两般花。栉比栽篱槿，咿哑转井车。可怜高处望，棋布不曾斜。"这反映了规划整齐的田园井灌状况，诗中首次提到了"井车"这一灌溉机具，具体结构未描述。《太平广记》卷二五〇引《启颜录》说："（唐）邓玄挺入寺行香，与诸僧诣园，观植蔬，见水车以木桶相连，汲于井中。乃曰：'法师等自踊（踏）此车，当大辛苦。'答曰：'遣家人挽之。'"这则故事证实了唐代确已发明井车。其构造"以木桶相连，汲于井中"，是将多个木斗连成环链状，车身结构相似于上述



的高转筒车。链环套在井上的一个大立齿轮上，再在轮轴两端的延伸处装上足踏或手摇把柄，以转动立齿轮，便能带动木斗链转动，连续不断地提取井水。从《启颜录》所述内容看，当时是用人力挽拽的。井车功效比辘轳高，辘轳不能连续提水，而井车依靠木斗提水循环不断。装满水的水斗连续上升，把水带上来，倾泻于横在大轮内的一个水簸箕里边，再流到田间，空水斗则由另一边继续下降，周环往复。邓玄挺其人《旧唐书》有传，他卒于武后永昌元年（公元689年），可知井车的创制至少已有1 300多年的历史了。

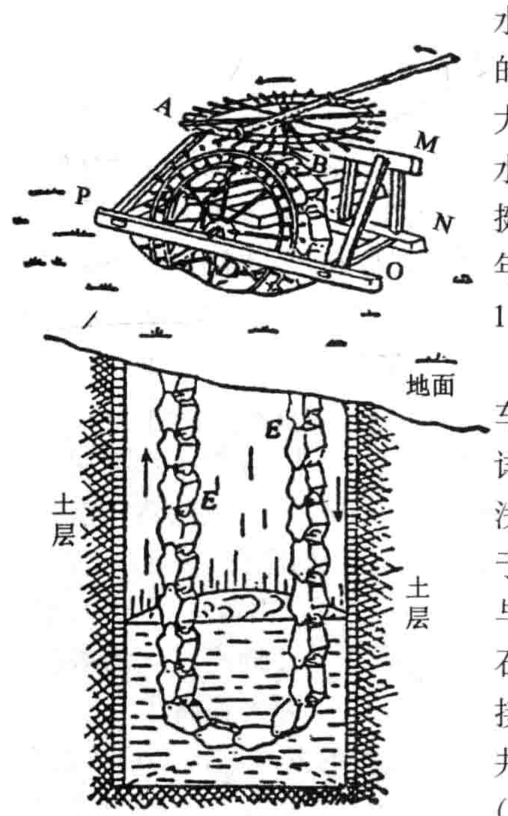


图3-6-2-10　龙骨木斗井车

（采自《中国农业机械史》）

唐代以后，北方井灌事业更加发展，井车使用增多。元至正间熊梦祥《析津志》较详细地描述了井车的构造："其制，随井深浅，以荦确水车相衔之状，附木为戽斗，联于车之机，直至井底。面上，人推平轮之机，与主轮相轧，戽斗则倾于石枧中，透于阑外石槽中。"此井车不仅在井上设有立轮，旁还接一个卧齿轮，人推挽运转提水，已与后代井车的结构一致。见图3-6-2-10。元大都（今北京市）城分布有井车16处之多。明代徐光启《农政全书》卷一六说："近河南及真定诸府，大作井以灌田……其起法有桔槔，有辘轳，有龙骨木斗。"所说"龙骨木斗"就是指井车。这时期还出现了畜转龙骨木斗井车，结构应是在井上立齿轮旁接一个大卧齿轮，然后用畜力挽拽提水。

四、其他灌溉工具的改进

（一）辘轳

宋元时期对古老的灌溉工具辘轳有很大的改进。据文献记载和考古资料，早期的辘轳提水机具在支架上设一个主滑轮（有窄槽、宽槽两种），通过绳索牵引滑轮，带动水桶上下运动提水。山西绛县裴家堡金代墓壁画的水井辘轳图中[51]，辘轳圆轴上带有曲柄摇把，从力学角度看，滑轮只改变力的方向而不省力，而曲柄辘轳利用杠杆摇动轮轴，可以省力。元代王祯《农书·农器图谱集之十三》载有辘轳的结构："辘轳，缠绠械也。……井上立架置轴，贯以长毂，其顶嵌以曲木，人乃用手掉转，缠绠于毂，引取汲器。"见图3-6-2-11。王祯《农书》还介绍了一种双绠辘轳："或用双绠而逆顺交转，所悬之器，虚者下，盈者上，更相上下，次第不辍，见功甚速。"效率提

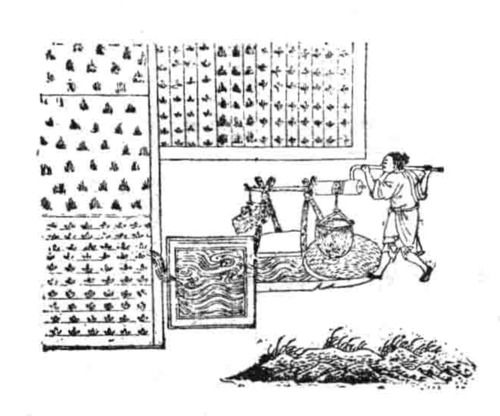


图3-6-2-11　辘轳

（采自王祯《农书》）

高不少。以后，辘轳和双辘轳在北方井灌区普遍采用，因北方井深，适用辘轳提水，而且一般农户也购置得起。

（二）刮车

元代，在陂塘岸较浅的水乡地区，又创制了"刮车"提水工具。王祯《农书·农器图谱集之十三》说："刮车，上水轮也。其轮高可五尺，辐头阔止六寸；如水陂下田，可用此具。先于岸侧掘成峻槽，与车辐同阔，然后立架安轮。轮辐半在槽内。其轮轴一端，擐以铁钩、木拐，一夫执而掉之，车轮随转，则众辐循槽刮水上岸，溉田便于车戽。"此处车戽即戽斗。刮车比戽斗省力，效率高些，但结构相对较复杂，而其效率又不及龙骨水车，所以后代并没有普及。见图 3－6－2－12。

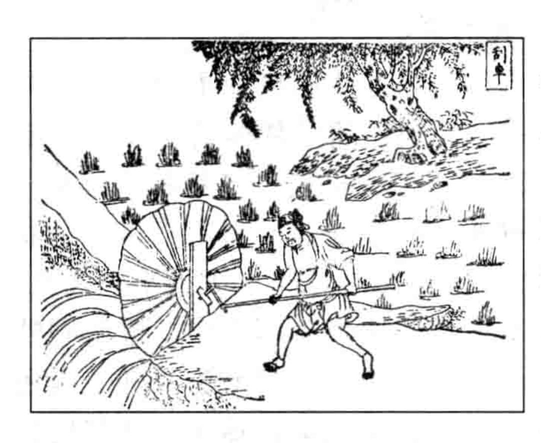


图 3－6－2－12　刮车
（采自王祯《农书》）

由上可知，唐、宋、元时期，我国的排灌机具取得了显著的进步，达到了成熟的阶段。人们适应于各地自然条件，创造了多种多样的提水工具。在结构方面除利用杠杆原理制作外，还广泛利用轮轴构造，制造出比较复杂的原动和传动装置。在动力方面，除利用人力外，还进而利用畜力、水力及风力，既减轻了劳动强度，又提高了灌溉效率。这些灌溉工具的应用，大大提高了农业生产的排灌能力，为农业的发展做出了很大的贡献。直至明、清时期，排灌机具的类型基本无大的改变，只是应用更加普遍，并制造了一些大型机具。如兰州黄河两岸田高水低，明代后期安装有大型轮式翻车，即水转筒车。清末，仅皋兰（治今甘肃兰州市）附近就安装有 157 部，共灌田两万余亩。翻车的"轮径小者四五丈，大者八九丈"[52]，成为兰州的一景。

第三节　水位和水准测量技术的提高

水位和水准测量关系到工程修建能否成功，以及工程运行管理水平的高低。唐、宋时期有关水位和水准测量技术大为提高。

一、水位量测技术

水位量测是测水工作的一个重要方面，根据河渠或湖泊水位的高低，可以衡量灌溉引水量的多少，实施计划用水；或推断蓄水量的大小，决定蓄泄事宜；或用作量测洪、枯水大小的指标，得知地区受灾的程度。我国水位量测约有 4 000 多年的历史。《史记·夏本纪》记载，大禹治水，进行"行山表木，定高山大川"的工作，即包含水位测量的内容。唐代已注意灌溉与渠塘水位的关系，至宋代技术水平达到高峰，用以观测水位的水则碑设置甚多，形式多样。按设置的位置和用途，大致可分为渠道、湖塘和低洼平原上的三种水则碑。

（一）渠道水则碑

渠道水则碑以关中丰利渠和川西都江堰最具代表性。



关中丰利渠建于北宋大观二年（公元1108年），引泾水灌溉，渠首设在今陕西省泾阳县王桥乡西北的泾河峡谷之内，在坚硬的石灰岩上开凿出渠道。据考古调查[53]，丰利渠渠首共有两组闸槽，前闸为主闸，槽宽0.3米，深0.4米，高达3.2米。水尺分布在前闸附近的东壁，一处位于前闸的上游，一处位于前闸顶部。闸前水尺位于前闸上游2.63米处石壁上，为连续垂直方格状，尺线宽约0.8厘米，深约0.4厘米，自渠底向上残存七格，每格平均宽31厘米左右，平均高约30.79厘米。在第五格线上下，各凿刻二字，字为“已上”、“□谷”。第三字因风化斑驳，不能辨识。见图3-6-3-1。闸上水尺位于前闸顶部石窝之上。此尺现残存四格，形制与闸前尺同，格宽32厘米，平均格高30.74厘米。两处水尺的单位尺长平均在30.7~30.8厘米之间，与宋代三司布帛尺尺长相当，也即一格为1尺。见图3-6-3-2。

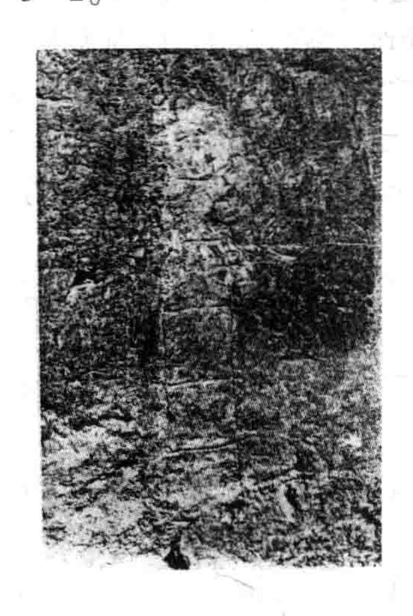


图3-6-3-1　丰利渠口闸前水尺

（采自《文物》1995年第7期）

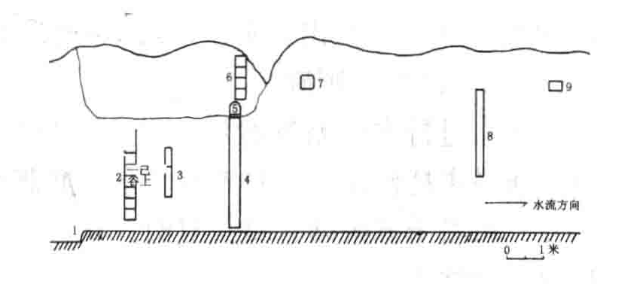


图3-6-3-2　丰利渠口东壁闸槽水尺配置图

（采自《文物》1995年第7期）

1. 渠底石阶　2. 闸前水尺　3. 双阶槽　4. 前闸槽　5. 石窝　6. 闸上水尺　7. 方形石窝　8. 后闸槽　9. 水标

闸前水尺与泾河直接相通，其标志水位为此段河流水位线；当前闸完全开启后，则标志入渠水位的深浅。因闸槽上部比下部稍宽，所以估计闸门是采用叠梁式的，入渠水量通过增减闸板来控制。闸上水尺高度超过渠底4米以上，最低处高于闸槽顶0.8米，这处水尺估计是观测超常流量越闸水位的设施。

元代李好文《长安志图·泾渠图说》记载：“凡水广尺深尺为一徼，以百二十徼为准，守者以度量水，日具尺寸申报，所司凭以布水。”今实测丰利渠口水尺所在渠口断面底宽3.65米，合宋12尺，渠底至前闸顶端高3.2米，大致为宋10尺，则从前闸顶以下，渠中过水断面恰好120徼。丰利渠开成后入渠的常水位为5尺，即合60徼。观测闸前水尺，即知当时过水为多少徼，从而据以配水。丰利渠水尺刻凿于石质渠壁，具有很好的稳定性和耐久性；水尺设置的位置科学，水尺设在进水闸前，与现代水尺设立部位相似，这标志着宋代丰利渠水位观测技术水平已相当高。

宋、元时引泾灌渠在三限、平石两处分水关键地也设有水位测量设施。元代



《长安志图·泾渠图说·洪堰制度》下载："今平流闸下石渠岸里有一石龟，前人刻以志水者也。为之语曰：水到龟儿嘴百二十徼水。尝闻主守者曰，今水虽至其则，犹不及全徼，盖渠底不及古渠之深也。"该书又载元杨景道论说："限口有志水石，古语云：水到石人手，限上开三斗，水到石人腰，限上不得浇。"每日根据水位高低，确定徼数，进行水量分配。

都江堰的水位测量记载甚早，《华阳国志·蜀志》载李冰建都江堰时在外江作三石人，以人形水尺的肩和脚当水尺刻度，"水竭不至足，盛不没肩"。宋代时采用等距刻划的水则。《宋史·河渠志五》记载："离堆之趾，旧镵石为水则，则盈一尺，至十而止。水及六则，流始足用，过则从侍郎堰减水河泄而归于江。岁作侍郎堰，必以竹为绳，自北引而南，准水则第四以为高下之度。"是在离堆岩壁上刻水位水则，共十划，每划一尺。水位如到六划，流量就能满足灌溉需要，超过六划，过量之水就从飞沙堰排到外江。侍郎堰即飞沙堰，堰的高度以四划为准。说明当时已基本掌握了内江水位与流量的关系。清代乾隆三十年（公元1765年），在宝瓶口左岸岩壁上重建水则，共24划，水位在13划时可满足灌区用水，内江水过13划时从飞沙堰泄出，水位超过16划是洪水警戒水位。此水则一直使用至今。

（二）陂塘水则碑

陂塘进行水位测量的记载甚多。唐代的西湖于唐代长庆四年（公元824年）由白居易主持修建后，对湖水降落与灌溉面积做了量的规定："凡放水溉田，每减一寸，可溉十五余顷，每一复时，可溉五十余顷。"[54]这必定是进行水位观察测量后得出的结论。

绍兴鉴湖的水则碑设置亦早，宋人文章中多有记载。北宋曾巩熙宁二年（公元1069年）通判越州（治今浙江绍兴市），写有《序越州鉴湖图》[55]一文，文中说：鉴湖"立石则水，一在五云桥，水深八尺有五寸，会稽主之；一在跨湖桥，水深四尺有五寸，山阴主之"。立水则的目的主要是防止盗湖为田，斗门钥匙由官府掌握，根据水情"谨其闭纵"。南宋庆元二年（公元1196年）会稽县（治今绍兴市）尉徐次铎撰《复鉴湖议》[56]记述更详细。他说：鉴湖堤在会稽县者自五云门东至曹娥江凡72里，在山阴者自常喜门西至西小江凡45里。"湖之势高于民田，民田高于江海，故水多则泄民田之水入于江海，水少则泄湖之水以溉民田"。为了掌握湖水的启闭，故设有石牌。湖中石牌"一在五云门外小凌桥之东，今春夏水则深一尺有七寸，秋冬水则深一尺有二寸，会稽主之；一在常喜门外跨湖桥之南，今春夏水则高三尺有五寸，秋冬水则高二尺有九寸，山阴主之"。徐次铎文中解释当时的水则与曾巩所记不同的原因：因会稽地形高于山阴，所以北宋时会稽水则高于山阴，而南宋时由于立石之地与前不同，会稽立石于濒堤水浅之处，山阴立石于湖中水深之处，故水则浅深异于曩时。但据观察，会稽之水要高于山阴二三尺，城外之水亦高于城中二三尺。"若湖下石牌立于都泗门东会稽山阴接壤之际，春季水则高三尺有二寸，夏则三尺有六寸，秋冬季皆二尺"。这大约是当时掌握湖下之水的水位高度。还讲到水则的作用："凡水如则，乃固斗门以蓄之；其或过则，然后开斗门以泄之。"可见鉴湖水则所起作用颇为重要。直至鉴湖湮废后，地方志中仍作为重要设施予以记载。



鄞县（今宁波市）东钱湖堤上设有七座堰坝，平时用以挡水、过船，洪水时由堰顶泄流。为保证汛期堤坝安全及平时放水灌溉需要，在钱堰、大堰、梅湖堰和莫枝堰旁附设碶闸，“嘉祐间置前四碶闸，立平水石于左右，启闭蓄泄应时”[57]。平水石就是水则，据此掌握蓄泄水量。

句容赤山湖唐代有数次大的改建活动，此时大约已设有水则。在南唐保大中（公元943～957年），曾发生侵耕湖田的诉讼问题，州司特派人丈量，得湖周为122里96步，又查得芦废亭北边约200来步处有一盘石，盘石东西阔四尺七寸，南北阔三尺五寸，在石畔立有供观察之用的柱子，柱子上标有水则，以前定春夏贮水深七尺，秋冬贮水深四尺，这时官府判取定蓄水深为五尺，即石面中心离水面一尺六寸五分，称为五尺水则，相应的在这一湖面范围内不准围垦[58]。可见水则早已设置，年代已久。宋初又对赤山湖进行修筑。之后，庆历三年（公元1043年）江宁（治今南京市）知府叶龙图在湖西北角的绛岩山麓下古旧湫（水沟）处置立大石柱一条，将湖心盘石水则刻于柱上，更便于观察湖水高低，据水则开闭湖水[59]。

（三）平原水则碑

宋代人们已利用设置少量水则来掌握平原地区流域范围内的水位高低，使管理应用更加方便，这标志着水位量测技术的长足进步。

北宋时海河流域修建的塘泊工程，就使用水则来控制淀洼范围内水位的升降。宋朝建立后，因北方的辽国占据着燕云十六州，并经常派骑兵南下骚扰北宋边境。宋太宗端拱元年（公元988年）何承矩建议于顺安军（今河北高阳县境内）西开易河蒲口，疏通河道使东注于海，沿线与陂泽淀洼相通，修建堤防，扩大贮水面积，形成东西300多里、南北50～70里河淀贯通的防御工事，同时引水种稻，达到实边御敌的目的[60]。经淳化四年（公元993年）大规模兴筑，及以后的数次增筑，到熙宁时，“自保州西北沈远泺，东尽沧州泥沽海口，凡八百里，悉为潴潦”[61]，形成一道“深不可以舟行，浅不可以徒涉”的沟渠淀泊带。根据《宋史·河渠志五》的记载，淀泊带大致分成九大片，各片东西横广数10里至120里，南北纵深最大达150里，最狭处也有8里，深度三尺至一丈三尺不等，塘泊区占地约四万多平方里。为维持一定的水深，筑有堤防和堰闸斗门。而控制塘泊地带水的深浅，是一项重要的工作，“凡水之浅深，屯田司季申工部”。因为如塘水过深易淹没农田民居，塘水过浅又不能御边，在这种情况下，势必要设置水则以利控制。《宋史·河渠志五》记载，仁宗明道二年（公元1033年）杨怀敏领河北屯田司大力治塘泊，“塘日益广，至吞没民田，荡溺丘墓”。因此百姓深受其害，乃有盗决塘水以免水患的。景祐二年（公元1035年），知雄州葛怀敏，“请立木为水则，以限盈缩”。这样利用水则与堰闸等水工建筑物相配合，控制塘泊水深在几尺至一丈左右，达到

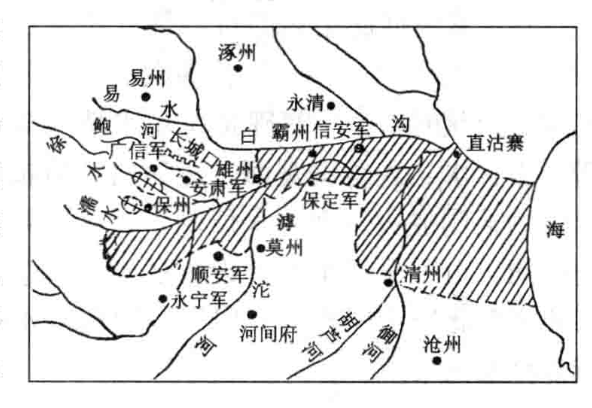


图3-6-3-3　北宋塘泊工程示意图



御边的目的，又避免淹没民田。这是利用水则控制大面积范围水位深浅的成功一例。见上页图 3 –6 –3 –3。

太湖平原宋代设置的水则碑甚多，尤以吴江水则碑最为著名。据历史记载和现代调查，吴江水则碑共有两块，位于吴江县东门外垂虹桥（俗称长桥，又名利往桥）上垂虹亭之北，分嵌于北边桥墩的左（东）、右（西）踏步的墩墙上。长桥当时是太湖洪水排入吴淞江的主要出水口，水则碑濒临太湖又紧接吴淞江，所测得的水位基本能代表太湖及湖东洪水变化的情况。

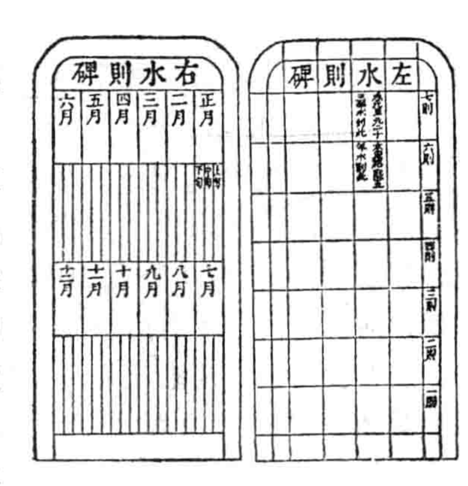
吴江水则碑的设置年代在北宋后期。《吴中水利全书》载："宋徽宗宣和二年（公元 1120 年）立浙西诸水则石碑，凡各陂湖泾浜河渠，自来蓄水灌田通舟，官为核量丈尺、地名、四至，并镌之石云云，则长桥二碑之立，正在此时。想他处立石尚多，惟兹独存耳。"[62] 明代沈啓《吴江水考》卷二《水则考》称："（吴江）二碑石刻甚明，正德五年（公元 1510 年）犹及见之，其横第六道中刻大宋绍熙五年（公元 1194 年）水到此。"可知吴江水则碑在宋代已建有，很可能设于公元 1120 年。

沈啓《吴江水考·水则考》载吴江水则碑有横道水则石碑和直道水则石碑两块，记叙了设置的用途和碑上洪水的刻痕状况：

横道水则石碑（左水则碑），长七尺有奇，树垂虹亭北之左。碑面刻横道七条，每条为一则，以下一则为平水之衡。水在一则，高低田都不淹；水过二则，极低田淹；过三则稍低田淹；过四则，下中田淹；过五则，上中田淹；过六则，稍高田淹；过七则极高田淹。若某年水至某则为灾，即于本则刻记：某年水至此。书中载有"其横第六道中刻大宋绍熙五年水到此，第七道中刻大元至元二十三年水到此"等等。

直道水则石碑（右水则碑），长七尺有奇，树垂虹亭北之右，碑面刻划，分上下二横，每横六直，每直当一日，其上横六直，刻正月至六月，下横六直，刻七月至十二月，每月三旬，月下又为三直，直当一旬，二季一十八道。其司之者，每旬以水之涨落到某则报于官，其有过则为灾者刻之，法如前。见图 3 –6 –3 –4。

据以上所述，左碑是历史洪水水痕的记录碑，"凡各乡都年报水灾，虽官司未及远临踏勘，而某等之田被灾不被灾者已豫知于日报水则之中矣"[63]。官吏据此记录即可以估计出吴江等地农田被淹的范围和面积，防止虚报灾情，作为征税和减免田赋的依据。右碑是每旬水情涨落的记录碑，由管水之人负责观测，逐旬向官府报告，如水位达某则成灾，则将水位刻于石碑，并书上发生时间。由于吴江水则碑设置的地点合适，所以只要观测此处水则碑，太湖下游地区的水情大体就能推断出来。



右水则碑　　左水则碑

图 3 –6 –3 –4　吴江水则碑式样

（采自沈啓《吴江水考》）

对宋代所设置的吴江水则碑，明《吴中水利全书》[62] 称："今左水则碑已亡。"明代右水则碑



尚在，但与宋时不同。嘉靖末沈啓在《吴江水考·水则考》中称：右碑“今不可见矣”。“既无横道何以为则，且增六年而遗四年缪矣，失古建置之意，不知伊谁之过也”。“无上下二横六直，只有十八细直，直上亦无正月至六月字，只有七月至十二月字。又在石之上截，非若此图（指沈啓所绘图）在石之中截也。又碑之正中，有正德五年（公元1510年）水到此，正德六年水到此之文，连贯写下，字大二寸许，尚隐然可辨”。说明左碑在明后期已毁，右碑是在正德五年前重又设立的。以后，清乾隆十二年（公元1747年），吴江知县仿左水则碑重刻设原处，改称“横道水则碑”[64]。于是亦称右水则碑为直道水则碑。

1964年6月，水利电力部上海勘测设计院会同上海博物馆，对吴江水则碑进行了调查和高程测量，右水则碑仍在原处，露出地面以上的高度为1.86米，阔0.7米，厚0.5米。测得“正德五年水至此”的“此”字底部洪水水痕高程为4.30米，万历三十六年五月“此”字底部洪水水痕高程为4.48米。而横道水则碑是从河中捞起的，碑脚已损一角，碑面分为七则，量得每则高差为0.25米，碑高1.87米，阔0.88米，厚0.18米。经实测和对照近代杂志[65]记载研究，认为横道碑分则高程，与直道碑实测水痕推断的分则高程应低二则，估计这是乾隆十二年重立石碑时埋低二则所致。由是推得六则高程为4.23米至4.48米，五则高程为3.98米至4.23米，四则为3.73米至3.98米，三则为3.48米至3.73米等（以吴淞基面为准）。[66]见图3－6－3－5和图3－6－3－6。

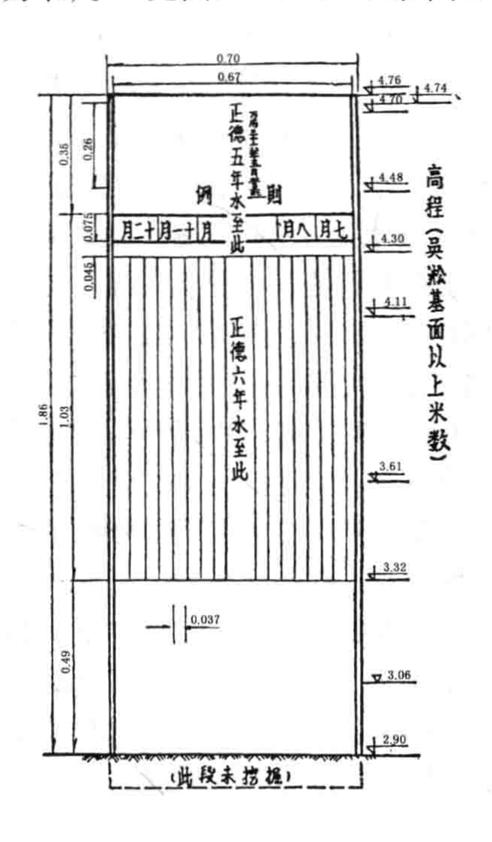


图3－6－3－5　右水则碑实测高程

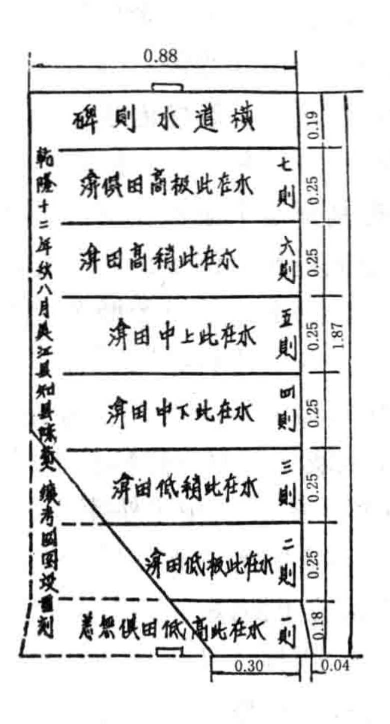


图3－6－3－6　横道水则碑实量尺寸

（录自水利电力部上海勘测设计院《从吴江水则碑探讨太湖历史洪水》一文）



现吴江两水则碑已不存。因 1967 年 5 月，长桥西大孔及其西边紧连的两小孔相继倒塌，次年春，西大孔东边相连小孔亦开始倒塌。后清理航道时，将垂虹亭下的石墩一并拆除，吴江两水则碑也被丢弃不知去向。但水则碑对研究历史洪水仍有作用。如今人据历史记载中田亩被淹程度与水则碑实测高程对照，可以进行历史洪水位的推算。水利电力部上海勘测设计院《从吴江水则碑探讨太湖历史洪水》一文指出，经过推算，从公元 1194 年起至 1954 年止，约共八百年，列出六则以上的洪水有 15 年，其中包括最高洪水位“七则”的公元 1286 年。以此为基础，经研究对照历史文献中灾情记载，江苏水利厅《太湖水利史稿》[67]得出，吴江水位在八百年内，达六则以上的有 17 年（增 1223 年和 1680 年“六则”洪水年份），五则、六则、七则共计 29 年。说明吴江水则碑有关的作用今天仍不失重大的应用价值。

鄞县背山面海，中部地势平坦，奉化江贯穿其间，将平原分为东西两片。北面余姚江、甬江流淌而过，全境内有六条塘河，60 余条支河及一系列漕浜，组成纵横交错的水网。南宋时为避免海潮沿江河上溯咸化水质和土壤，开始在各支河上建闸，以拒咸蓄淡。为了及时地启闭碶闸，遂设置水则，水则的设置地点讲究，基本能控制流域内各碶闸的启闭。具代表性的有两处：一是城东大石桥平水尺，二是鄞县城内的平桥水则。

大石桥在鄞县东城外一里，建于元符元年（公元 1098 年），淳祐二年（公元 1242 年）太守陈垲重修并于桥下建平水石堰（溢流堰），设闸控制启闭，并“遂置平水尺朝夕度水增减，以为启闭。地形高下不等，而水之浅深亦然，大概郡城河浜之水常以三尺为平，余可类推，过平以上则当泄”[68]，此水则称为平水尺。其特点是测量大石桥处水位，则可知流域内水多还是水少，以确定闸门的启闭运行。水则的设置首先是了解城内水位与流域内其余各河段水闸水位的关系，然后定出水则“以三尺为平”的标准，水位“过平以上则当泄”，即是以一个集中测水位点，达到统一控制鄞东平原各乡水位的目的。以往农田受淹，农民要求碶闸放水，需通过各级官吏上报州府请示，多被耽误时日，“水之溢者已壑，稻之浸者已芽”，不能及时泄水。将平水尺设于城东大石桥碶，“今州郡一闻雨骤，水汛不待都保县道申到，放闸之人已遣行矣”，[68]管理方便，成效显著。

平桥水则由吴潜所建。宝祐四年（公元 1256 年），吴潜判庆元府（治今鄞县），在职期间大力兴修鄞县水利，筑洪水湾塘及不少碶闸、堰坝。开庆元年（公元 1259 年）在县城中平桥南立石，书“平”字作为水则，城河水过“平”以上则当泄。平桥水则的设立，吴潜是经过一番实地调查的。他在《平桥水则记》中说：“余三年积劳于诸碶，至洪水湾一役大略尽矣。己未，劭农翠山，自林村，由西门泛舟以归。暇日，又自月湖沿竹洲舣城南启遍度水势，其平于田塍下者，刻篙志之，归而验诸平桥下，伐石为准，榜曰水则。”[69]他勘测鄞西平原上中塘河、南塘河等的水位与农田高程的关系，再将城西、城南的水位对应于平桥处的水位，定出不使农田受淹开闭闸门的合适高程，在平桥处刻“平”字水则，水淹“平”字则开启闸门放水，“平”字出露则闭闸蓄积淡水。这水则距府衙才数十步，极便利官府督促管理人员及时启闭碶闸，控制鄞西水网的蓄泄。



可知宋代在河渠、湖塘、平原水网等处设置水则已甚普遍，南、北方都有应用，技术水平大为提高，可以说已达到传统水位量测的高峰。

二、水准测量技术

唐代时水准测量技术有了新的进展，出现了用于测量地势高程用的“水平”仪。唐代李筌《太白阴经》卷四《水攻篇·战具类》中有较详的记述。这套仪器由“水平”、“照板”、“度竿”三部分组成。

“水平”的结构：“槽长二尺四寸，两头中间凿为三池。池横阔一寸八分，纵阔一寸，深一寸三分。池间相去一尺五寸，中间有通水渠，阔三分，深一寸三分。池各置浮木，木阔狭微小于池，（匡）空三分。上建立齿，高八分，阔一寸七分，厚一分，槽下为转关脚，高下与眼等，以水注之，三池浮木齐起。眇目视之齐平以为天下准。”与《武经总要》、《通典》校核，文中“池间相去一尺五寸”应为“池间相去一尺五分”。

“照板”是形状为方形的板，下有把柄，如一方扇。板长四尺，下面二尺为黑色，上面二尺为白色；板宽三尺；手柄长一尺。

“度竿”就是测竿，长二丈，上有刻度，刻作200寸2 000分，其刻度精确至“分”。

观测时，首先将水注入水平槽的池子中，三浮木随之浮起，其上的立齿尖端则保持在同一水平线上。采用三个浮木比用两个浮木精确度提高，如其中一个立齿没有浮起，仍有两个立齿浮起，从而减少了观测误差。然后，观测者从立齿尖端水平地瞄望远处的度竿。设计成立齿，观察时视线不会被挡，利于瞄准观测。由于度竿的刻度太小，于是采用黑白二色的照板，目标大，观察者易看到。持度竿者还要握照板，在度竿之后方上下移动，当观测者见到板上的黑白交线与其瞄准视线齐平时，则叫持板人停止移动，此时持板人记下度竿上所对应的刻度。又以黑白二色的交线作为观测线，准确度高，这实是现代水准尺以黑白或红白二色间隔作刻度线的先行。由于黑白二色照板易发现，所以可以观测到“十步，或一里及至十数里目力所及”。虽然《太白阴经》所记“水平”仪是用于水攻的[70]，但它可测量“水源高下”，必也可测量地势高低，用于水利工程的水准测量，这是我国记载确切最早的“水准仪”。见下页图3－6－3－7。

李筌是唐代开元时人，他在《太白阴经》上记载了“水平”仪后，引起后人的注意，杜佑《通典》已作转载。宋代曾公亮在《武经总要》中转载时，绘出了仪器结构图，但三浮木的放置按立齿的方向纵排成一条线，这反而不大好进行观察，何况水池纵阔只有一寸，容纳不下宽度为一寸七分的浮木，所以图上浮木放置方向不对。又照板绘成中间空了一个方洞的板，与李筌《太白阴经》记载不一致，为何采用方洞的板，曾公亮亦无文字说明。

元代水准测量技术又有进步，以元初郭守敬所创造的技术成就最突出。他在测量华北平原地形时，“尝以海面较京师（今北京）至汴梁（今开封）地形高下之差”[71]，进行了大面积的水准测量。以海平面作为测量基准，这是地理学和测量学中的一个重要概念“海拔”的始创。而欧洲提出这一概念的是德国科学家高斯，时间在1828年，较郭守敬大约晚500年。由于郭守敬掌握的测量技术高，所以他



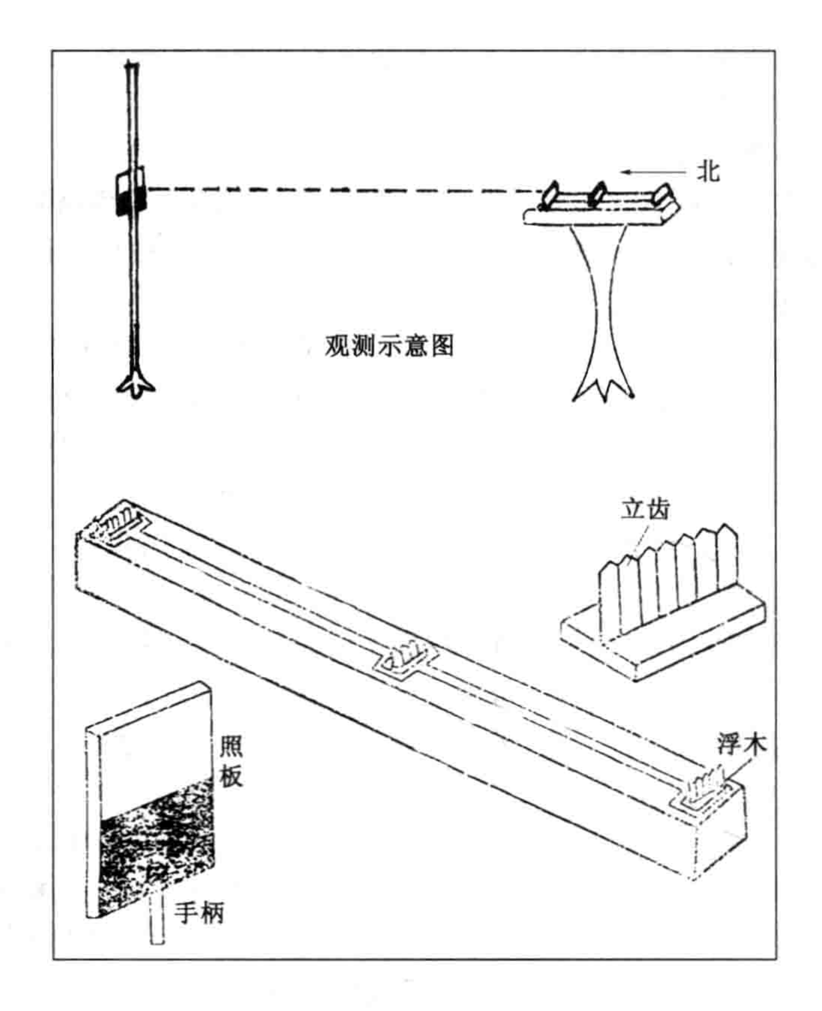


图3－6－3－7　唐代水准测量仪

在修建通惠河等水利工程时，水准测量和地形测量的精确度甚高，使这些工程都建设得很出色，因而受到人们的赞扬。

参考文献

〔1〕《旧唐书》卷四三《职官志三》。
〔2〕明·顾炎武：《日知录》卷一二《水利》。
〔3〕《唐六典》卷七。
〔4〕《唐会要》卷八九《疏凿利人》。
〔5〕郑炳林：《敦煌地理文书汇辑校注》，甘肃教育出版社，1989年。
〔6〕《刘梦得文集》卷二八《高陵令刘君遗爱碑》。
〔7〕《新唐书》卷四八《百官志三》。
〔8〕《宋史》卷三二七《王安石传》。
〔9〕《宋史》卷一七三《食货志上一》。
〔10〕《宋史》卷九五《河渠志五》。
〔11〕《宋史》卷四二六《高赋传》。
〔12〕《宋史》卷三五五《杨汲传》。
〔13〕《宋史》卷三四三《蒋子奇传》。
〔14〕《宋史》卷一七三《食货志上一》。



〔15〕参见《长安志图·泾渠图说·建言利病》。

〔16〕乾隆《赵城县志》卷二二，刘登庸：《霍泉分水铁栅记》。

〔17〕《洪洞县水利志补》。

〔18〕敦煌资料《渠人转帖》。

〔19〕清·李光廷：《汉西域图考》卷一。

〔20〕《新疆出土文物》，文物出版社，1975年。

〔21〕《元史》卷六六《河渠志三》。

〔22〕嘉靖四十一年重录《永乐大典》本《水经注》无“深淘滩，浅包隅……”记载。经陈桥驿先生考证：“立碑六字曰：深淘滩，浅包隅，隅者”十三字是《水经注》的佚文。

〔23〕四川省水利电力厅都江堰管理局《都江堰》第三章，水利电力出版社，1986年。

〔24〕宋·窦充：《汉相曹懿侯庙记》，载嘉靖《汉中府志》卷四《水利志》。

〔25〕康熙《汉南郡志》卷一八《艺文》。

〔26〕民国《续修陕西通志稿》卷六〇《汉中府·水利》。

〔27〕以上见《白氏长庆集》卷五九《钱塘湖石（函）记》。

〔28〕道光《丽水县志》卷三《水利》。

〔29〕宋·关景晖：《通济堰碑记》，载嘉庆《丽水志稿》卷二。

〔30〕载《括苍金石志》，嘉庆《丽水志稿》卷二引。

〔31〕道光《丽水县志》卷三《水利》。

〔32〕光绪《处州府志》卷四《水利》。

〔33〕《旧唐书》卷一七上《文宗纪上》也有类似的记载。

〔34〕转引自唐耕耦：《唐代水车的使用和推广》，《文史哲》1978年第4期。

〔35〕《范文正公集》卷四。

〔36〕《临川先生文集》卷一、卷三、卷八。

〔37〕《张右史集》卷一三《旱稻》。

〔38〕《东坡全集》卷六。

〔39〕元·王祯：《农书·农器图谱集之十三》。

〔40〕故宫博物院藏品，采自《宋人画册》。

〔41〕明·童冀：《尚絅斋集》卷三。

〔42〕详见易颖琦、陆敬严：《中国古代立轴式大风车的考证复原》，《农业考古》1992年第3期。

〔43〕同治《续天津县志》卷七《河渠》。

〔44〕《宛陵先生集》卷五一。

〔45〕宋·李处权：《崧庵集》卷三。

〔46〕《于湖居士文集》卷五。

〔47〕《于湖居士文集》卷四。

〔48〕宋·赵蕃：《淳熙稿》卷一九。

〔49〕明·徐光启：《农政全书》卷一七《水利·灌溉图谱》。

〔50〕唐·刘禹锡：《刘宾客文集》卷九。

〔51〕《考古通讯》1955年第4期。

〔52〕宣统《甘肃新通志》卷一〇。

〔53〕以下参见秦建明等：《陕西泾阳北宋丰利渠口发现石刻水尺》，《文物》1995年第7期。文中说：“水尺所在渠口原被冠以明代通济渠上口的名称，这次调查，发现该段下游保存元代所修的王御史渠打破该渠，并利用了该段下游渠道，这表明该渠道开凿年代早于元代王御史



渠。其位置、尺寸、走向等又与文献关于丰利渠的记载相吻合。”叶遇春《从郑国渠到泾惠渠》（《古今农业》1991 年第 1 期）谓水尺处于元代王御史渠口。

〔54〕唐·白居易：《钱塘湖石记》，载《白氏长庆集》卷五九。

〔55〕宋·曾巩：《元丰类稿》卷一三。

〔56〕嘉泰《会稽志》卷一二。

〔57〕嘉靖《宁波府志》卷二三《河渠》。

〔58〕《永乐大典》卷二二六一赤山湖。

〔59〕弘治《句容县志》卷四《地理》。

〔60〕《宋史》卷二七三《何承矩传》。

〔61〕《梦溪笔谈》卷一三《潴水为塞》。

〔62〕明·沈啓：《吴江水考》卷二《水则考》引。

〔63〕明·沈啓：《吴江水考》卷二《水则考》。

〔64〕清·黄象曦：《吴江水考增辑》卷二《水则考》。

〔65〕《江苏省水利协会杂志》1919 年第 7 期载：1919 年横道碑仍竖立在墩墙上，这年七月最高水位去七则不远，这年吴江七月最高水位为 3.85 米，相当于直道碑四则的高程。

〔66〕水利电力部上海勘测设计院：《从吴江水则碑探讨太湖历史洪水》，1965 年。引自《江苏水利科技·中国古代太湖水利技术成就》1983 年第 2 期。

〔67〕《太湖水利史稿》，河海大学出版社，1993 年，第 341 页。

〔68〕宝庆《四明志》卷一二大石桥碶条。

〔69〕开庆《四明续志》卷三《水利》。

〔70〕唐·李筌：《太白阴经》卷四：“经曰，以水佐攻者强，水因地而成势。为源高于城。本大于末，可以遏而止，可以决而流，故晋水可以灌安邑，汾水可以浸平阳。先设水平测其高下，可以漂城灌军，浸营败将也。”

〔71〕《宋史》卷九五《河渠志五》。



第七章
水利人物和水利文献

隋、唐、宋、元时期，灌溉工程的兴修遍及全国各地，出现了不少热衷兴办水利的官吏和人士，为发展各地的灌溉水利事业做出了重要贡献，取得了不少水利科技成就，有人还全面地提出地区水利规划治理理论，这些理论给后人以很大的启示。

这一时期水利文献较前增加许多，不仅有灌溉水利专著，而且在正史及其他史部书籍、地方志、农书、文集、笔记杂考中皆有关于水利的篇章，本章将择重点作些介绍。

第一节　水利人物

这一时期涌现的水利人物众多，其中唐代开发农田水利最有名的水利家有姜师度；宋代治理太湖水利的代表人士有郏亶，其治水理论对后世影响甚大；元代水利家以郭守敬和任仁发兴修的水利工程最多，尤以郭守敬的成就最大。

一、姜师度

姜师度，魏州魏县（今河北大名县西南）人，生于公元650年左右，卒于公元723年。新、旧唐书皆有其传。据载，他由明经入仕，任过丹陵尉、龙岗令，获“清白”之誉。唐中宗神龙元年（公元705年）任兵部郎中，同年出任易州（今河北易县）刺史。翌年兼御史中丞，为河北道监察兼支度营田使。之后，又兼任沧州刺史。景云二年（公元711年）调任大理卿，后转任司农卿。唐玄宗开元（公元713~741年）初，迁陕州刺史。再任营州（治柳城，今辽宁朝阳市）营田支度修筑使。七年，转任同州刺史。八年，蒲州升为河中府（治今山西永济县西南蒲州镇），进为河中尹[1]。姜师度“勤于为政，又有巧思，颇知沟洫之利”[2]。在其任职所到之处，几乎都进行了水利工程的兴修，工程类型有水障、防洪、排涝、灌溉、航行等各种工程，总共有十多项，当时人称他“一心穿地”[2]。

他在任河北道监察兼支度营田使期间，于蓟州渔阳（今天津市蓟县）之北，“涨水为沟，以拒契丹”[3]。这是巧用地形开沟，设置水障，以增强北境的军事防御能力。

在渔阳开平虏渠，“傍海穿漕，以避海难”[3]。这一平虏渠与东汉末曹操所开渠同名，但并不是一渠。曹操所开在南面沧州境，姜师度所开近于曹操所开泉州渠北之新河[4]。《旧唐书》卷一八五下《姜师度传》说：“粮运者至今利焉。”可见工程效益持续到唐代以后。

在棣州（今山东惠民县东南）开渠引黄河水[5]，灌溉农田。效果如何，记载不详。

在沧州鲁城（今河北黄骅县西北）开河筑堰，置屯田种稻[6]，引水灌溉，以增加粮食生产。鲁城是新开发的沿海之地，土壤含盐量高，引水种稻有利于改良滨



海盐碱土。当地蟹多食稻，增加了种稻的困难，但这一尝试仍是可贵的。

又在清池县（今河北沧州市东南）开引浮水的渠道两条：一条位于县东南 20 里，注毛氏河；一条位于县东南 70 里，注漳水[3]。此二渠有灌排之作用。

在贝州经城（今河北巨鹿县东）西南 40 里，利用故渎开张甲河[3]。张甲河在汉代时是重要的一条排水河道，《汉书 · 地理志》谓自屯氏河分出，北魏时已淤湮。姜师度重开后有利于改善地区积涝状况。

任陕州刺史期间，据《新唐书 · 地理志一》记载，唐玄宗两次调遣他到华州主持农田水利工程：一次是开元二年（公元 714 年）在华阴县（今陕西华阴县）西 24 里开敷水渠，“以泄水害”。一次是开元四年在郑县（今陕西华县）西南 23 里开利俗渠，引乔谷水；东南 15 里开罗文渠，引小敷谷水，灌溉农田，并筑堤防洪。开凿这三条水渠，表明关中水利已向渭南扩展，能较好地利用渭南的水资源用于灌溉，因此具有积极的意义。

开元七年任同州刺史期间，修复古通灵陂灌区，成就卓著。该地前代的灌溉工程只引洛水，而且利用时间不长。姜师度在水利技术上作了改进，其所建工程，不仅引洛水，而且堰黄河水，增加了灌溉水量。《元和郡县志》卷二同州朝邑县下称：“通灵陂在县北四里二百三十步，开元初姜师度为刺史，引洛水及堰黄河以灌之，种稻田二千余顷。”将洛水和河水引入低洼地通灵陂，通过种稻改良盐碱地。《新唐书》卷一〇〇《姜师度传》也说：“徙同州刺史，又派洛灌朝邑、河西二县，阏河以灌通灵陂，收弃地二千顷为上田，置十余屯”，当年即大获丰收。开元八年玄宗巡视朝邑屯田区，见到“原田弥望，畎浍连属，由来榛棘之所，遍为秔稻之川，仓庾有京坻之饶，关辅致珠金之润”。因此下诏褒奖姜师度，“以功特加金紫光禄大夫，赐帛三百匹”，同时下令将一部分官屯熟田归还逃亡复归的原主或分给贫穷少地之户[7]。

任河中尹期间，见到安邑（今运城县东北）盐池因水利失修而渐趋干涸，于是“发卒开拓，疏决水道，置为盐屯”，取得“公私大收其利”的效果[3]。

以上这些工程大部分是姜师度六七十岁时所为，他在垂暮之年孜孜于兴修水利，其精神令人赞叹。

姜师度兴修的水利工程类型甚多，他不仅恢复了不少古老的水利工程，而且新建了一些灌排工程，为地区农业开发做出了贡献。同时在技术上也有创新和发展，如巧用地形，因地制宜修筑各种水利工程，利用多种水资源兴修灌溉水利等。兴修水利虽然收益大，但因要役使民力，自然会纷扰一时。姜师度的兴作也有失误之处，如他任司农卿时，于先天元年（公元 712 年）在长安城中开凿水渠，“绕朝堂坊市，无所不至”。但水源未控制好，“水涨则奔突，水缩则竭涸”[5]，工程未成功。但总的看，失误只是个别的，功过相较，瑕不掩瑜。《新唐书》卷一〇〇《姜师度传》评介说：“师度喜渠漕，所至徭役纷纭，不能皆便，然所就必为后世利。”《旧唐书》卷一八五下《姜师度传》称：“师度既好沟洫，所在必发众穿凿，虽时有不利，而成功亦多。”因此，姜师度不愧是唐代的一位有成就的水利家。

二、郏亶及其论太湖水利

郏亶，字正夫，江苏太仓（宋代属昆山）人。生于公元 1038 年，举嘉祐二年



（公元1057年）进士，授睦州（治今建德县东）团练推官，知于潜县（今临安县西）。熙宁三年（公元1070年）任广东安抚司机宜，五年为司农寺丞，元祐（公1086年~1093年）初入为大府丞，卒于1103年。郏亶所处的时代，正是太湖塘浦大圩制解体，太湖水系出现较大变化，水旱灾害频繁的时期。北宋朝廷在经济上非常依赖太湖地区，有苏、常、湖、秀“国之仓庾”之称[8]。因此，对太湖水利的治理甚为重视。

宋神宗熙宁二年（公元1069年）十一月颁布了《农田水利法》，在条约的鼓励下，熙宁三年五月，郏亶将他多年对太湖水利调查研究的成果写成《苏州治水六失六得》和《治田利害七论》二篇[9]，上奏朝廷。朝廷始得郏亶《水利书》以为可行。熙宁五年十一月，郏亶被任命为司农寺丞，两浙路提举兴修水利。他到苏州后，一面将《水利书》“遍下州县，许诸色人等考订合详”，一方面组织民工，开展水利建设。“凡六郡三十四县，比户调夫，同时举役”，但郏亶要恢复大圩制，不适应当时已改变的水利现状及分散经营的小农生产体制，加上大规模的农田水利建设必然加重民役负担，侵害一部分人的利益，一些人纷纷上书告郏亶的状，朝廷下旨暂停施工。熙宁六年元宵灯节之夜，数百人闯入郏亶宅院，“喧哄斥骂”[10]，肆意围攻。吕惠卿也在神宗面前攻击郏亶，“言其措置乖方”。在上下夹击之下，熙宁六年五月二十三日，郏亶追司农寺丞，送吏部流内铨，仍罢修两浙水利[11]。郏亶治理太湖水利工程仅几个月就被迫停止。

郏亶罢官回到家乡，治理村西长期积水的大泗瀼，按照《水利书》修筑圩田的方法，筑圩岸、沟洫、井舍、场圃。治理后“岁入甚厚”[12]，郏亶将自己的实验结果，再次“图状以献”。一年后，王安石又起用郏亶为司农寺丞，并派他到熙河路（治今甘肃临洮县）相度营田兴修水利，但不久随着王安石下台郏亶的治水生涯也很快结束了。

郏亶治理太湖水利虽然未遂，但他的《水利书》对后世治理太湖水利影响甚大。《水利书》凡12 000余字，篇幅不长，但内容丰富，有不少独特的见解，体现了他治水的指导思想。

《苏州治水六失六得》一文，分析了北宋前期治理太湖水利的种种弊病，针对弊病提出了自己的治理主张。郏亶说：“自唐末以来，经营至今，未见其利者，其失有六。”一失是开东北诸港浦入江海，港浦长百余里，近亦三四十里，近江海段地形高，只有在水盛时，“决之则或入江海，水稍退，则向之欲东导于海者反西流，欲北导于江者反南下”，故屡开之而无效。二失是单筑河堤不修圩岸，只有通往来，御风涛的小功，而无卫民田去水害的大效。三失是吴淞江两岸诸浦堤防未立，洪涝水弥漫，不能泄入吴淞江。四失是望亭堰废，对常州有利，苏州未必有害，故治苏州之水，不在乎望亭堰的废复。五失是吴淞江截弯改直后，能使江水疾趋于海，未能使田之水必趋于江。六失是对“苏本江海陂湖之地”不当尽为田的论说进行驳斥。认为：“假使变湖为田，增十七八万石为三十四五万，乃国之利，何过之有?”说苏州地区除太湖外，只有昆承湖、尚湖、阳城湖、沙湖四湖有定名，其余许多是积水几尺的浅湖，其间一些地方曾经为“古之良田”，主张进行围垦。

郏亶认为：“必欲治之，固当去其六失，行其六得。”一得要“辨地形高下之



殊”。苏州五县虽号为水田，其实昆山之东接滨海岗身，常熟之北接沿江涨沙，地势皆高，谓之高田，水易流失而蓄不住，常患旱灾，而近湖之处地势低，谓之水田，成为四周之水汇集地，常患水灾。二得是“求古人蓄泄之迹”。指出太仓岗身高地原有南北向开的塘，谓之横沥；东西向开的塘，谓之岗门、堰门、斗门，“是古者堰水于岗身之东，灌溉高田”。而今岗门坏而不能蓄水，成为旱田。低地水田古时有纵浦以通于江，又有横塘以分其势，“使水行于外，田成于内，有圩田之象焉”，故水能归于江海。而今破古堤，水道堙，水田就变为陂湖了。三得是“治田有先后之宜”。要先在高田区设堰潴水，又开浚经界沟洫使水周流于其间以灌溉农田，又立斗门以利控制，“则高田常无枯旱之患，而水田亦减数百里流注之势”。再在水田区罢去小泾小浜，循古人遗迹，“或五里、七里而为一纵浦，又七里或十里而为一横塘，因塘浦之土以为堤岸，使塘浦阔深，堤岸高厚，塘浦阔深则水通流，而不能为田之害也；堤岸高厚则田自固，而水可壅而必趋于江也”。然后截江之弯曲为直线，使水疾趋于海。最后仿效五代吴越遗法，以水利养水利，“收图回之利，养撩清之卒更休迭役，以浚其高田之沟洫与水田之塘浦”。四得是“兴役顺贫富之便”。采用以贫者出力，富者出财的办法，可“不劳不虐”，五年就能治理成功。五得是“取浩博之大利”。苏州租税只有三十四五万石，如高低田得到治理，水旱无忧，则可增加一倍租税。六得是“舍姑息之小惠”。以往兴修工役，作于大水方盛之时，公私匮乏，民劳且怨。而此次工力虽多，但作于平岁无事之时，“以佚道使民，虽劳无怨”，“悦以使民，民忘其劳”。为了清除数百年之灾患，兴数百里无穷之利，使公私皆获利，故不能计较国家五岁之劳，惜百姓七日之役。

《治田利害七论》则进一步阐述治理太湖水利的主张。一论“古人治低田高田之法”。古因地势之高下井之而为田，在环湖卑下之地，于吴淞江之南北为纵浦以通于江，又于浦之东西为横塘以分其势，“而棋布之有圩田之象焉”。所开塘浦深阔是为了取土修筑堤岸，堤岸高大，虽大水不能入于民田。这样塘浦之水高于江，而江水又高于海，水能湍流。这就是古人的“浚三江，治低田”之法。在沿海高仰之地也开纵横塘浦，阔狭与低田同，而其深往往过之，“盖欲畎引江海之水周流于冈阜之地，虽大旱之岁亦可车畎以溉田，而大水之岁，积水或从此而流泄耳”。在高田水西流处设岗门、斗门，以潴蓄水，大旱之年也有水灌溉。这是古人的“治高田，蓄雨泽”之法。二论“后世废高田低田之法”。列举了低田堤防毁坏，高田港浦浅狭的种种原因。三论“自来议者只知决水，不知治田”。指出：“治田者本也，本当在先，决水者末也，末当在后。”“若不修作塍岸，纵使决尽河水，亦无所济”。认为苏州地区民间自行修筑的低小堤岸，不能抗御江湖水的暴怒，主张“大段擘画”，大规模地修筑堤岸，然后再开通诸浦决水入江。四论“今来乞以治田为先，决水为后”。认为治田虽“总而论之则瀚漫而难行，析而论之则简约而易行”。计划苏州水田最需要修治处，南北长120余里，东西宽百里，有纵浦20余条，每条长120余里，横塘17条，每条长百余里，共计四千余里，每里用夫五千人，约用二千余万夫，分五年完成，每年用夫四百万，开河八百里。其时苏秀常湖四州之民夫有40万，去掉三分之一高田之民自行治理外，尚有27万民夫，一年借雇半月可完工。或用十县民夫，每日役2 200人，开河132步，每年工作6个月也



可完成。水田治理后，再由高田民自行“浚治港浦以畎引江海之水，及设岗门以潴春夏之雨泽”，则高低皆治，水旱无忧了。五论“乞循古人之遗迹治田”。详细记述苏州、秀州及松江沿海水田旱田的塘浦遗迹，水田塘浦四项132条，旱田塘浦三项133条，总共265条，重申“其低田则阔其塘浦高其堤岸以固田，其高田则深浚港浦畎引江海以灌田”，而不能只重排水。六论“若先往两浙相度，则议论难合”。七论“先诣司农寺陈白，则利害易明”。

郏亶所论水利主要涉及太湖下游的苏、秀地区，提出要根据地形高下，因地制宜，先治田，后治水，治水必须先治田的主张。要求恢复古大圩制，开浚深阔的塘浦，低田筑高圩以防水，抬高塘浦水位逼水入海，高田浚深浦以引水灌田。在高田、低田区之间设堰闸，阻止高地雨水向低地浸流，减少低地排水负担，又可在高地拦蓄雨水供抗旱之用。还强调建立经常的维护管理制度。

郏亶是历史上最早系统地提出太湖水土治理规划性意见的第一人，其论述详细，提供的当时苏、秀水利状况成为十分有价值的资料。其根据地形高低分片治理水土、重视治田的见解及所总结的古人治水经验等，都对后人有很大的启示作用。但在主张治田的同时，强调恢复古大圩制及斥以往开浚港浦毫无成效，则又不大符合客观实际。其治理太湖水利半途而罢，除社会原因外，在方略上不甚完备也是其中的一个因素。大圩制可行于唐、五代时期，但宋代人口增加，个体经济盛行，圩田规划布置形式既要能战胜洪涝灾害，确保农田不被淹，同时也要符合社会经济发展的要求，便于人们的生产生活和经营管理。如何适应变化的社会状况来规划布置圩田，郏亶考虑得不够周全，故而刚一施工即遭反对，只好作罢。太湖水利治理颇为复杂，对此，今人仍需吸取历史经验教训深入进行探讨。

三、郭守敬及其水利科技思想

郭守敬，字若思，河北邢台人。元代著名的科学家，尤其在天文、水利等方面贡献突出，在地理学、数学和机械工程等方面亦多有成就，他是13世纪世界上最杰出的科学者之一。本书着重介绍他在水利方面的事迹和成就。

郭守敬生于南宋绍定四年（公元1231年），其祖父郭荣通五经，精于算数水利。早年的郭守敬随其祖父迁居燕京，面授知识。后又拜其祖父的老友刘秉忠为师。刘秉忠精通经典世书，识天文地理，曾在邢台西南的紫金山竹林寺寓居，授徒讲学，后被元世祖发现委以太保重任。郭守敬跟其学习天文、历法、算学、水利等知识，为他日后取得的成就打下了坚实的基础。郭守敬也成为“紫金山五杰”（郭守敬、刘秉忠、张文谦、王恂、张易）之一。

郭守敬初次的治水活动，是治理邢台达活泉诸水。邢州城北原有三条河流，靠城最近的一条名潦水（今牛尾河），再北就是达活河和野狐河。因长期战乱，河堤失修，潦水漫流，三河先后淤塞，达活河上的一座石桥也被泥沙埋没。乡人便“常架木以过二泉”，但“规制俭狭，随作随坏，行人病涉久矣”[13]。公元1251年，蒙古蒙哥即大汗位，委其弟忽必烈主管漠南汉地军国庶事。忽必烈推行重农政策，接受刘秉忠的建议，派人来修复邢台水利。此时，修复城北河道的任务分配给年仅21岁的郭守敬负责。他当仁不让，立即深入实地调查研究，“审视地形”，“分画渠沟”，“立准计工”，精心施工，只用400多民工40天时间就疏通了河道，



修筑好河堤，恢复了石桥，同时还取得了灌溉、交通之利。“堤口既完，潦水不得骋，附南桥而行，石梁引二泉水分流东注，合于柳公泉之右”。农民可以引泉灌溉。“逵路平直，往来憧憧”，又方便了交通。这一工作受到当时大诗人元好问的称赞，特撰写了《邢州新石桥记》一文，对此给予高度的评价，郭守敬在这次治水活动中初露头角。

元世祖忽必烈中统元年（公元1260年），郭守敬30岁，此时张文谦以中书左丞兼大名、彰德等路宣抚使的身份来到冀南从事安定社会和恢复农业生产的工作。郭守敬随同张文谦在大名、彰德一带巡视，他办事踏实细致，对冀南的地形、水系、水利等情况作了详细的勘察。之后，形成自己的治水主张。

中统三年（公元1262年），张文谦把他推荐给元世祖，说他“习水利，巧思绝人”[14]。元世祖立即在上都（今内蒙古正蓝旗五十牧场）召见郭守敬。郭守敬面陈六项水利建议：

（1）中都（今北京市）至通州有金代所开的旧漕河，可引入玉泉山的泉水，以便行舟，这可改变雇车陆运粮食的状况，节省车钱六万缗。通州以南，“于蔺榆河口径直开引，由蒙村跳梁务至杨村还河，以避白浮鸡泽盘浅风浪远转之患”。

（2）将顺德（治今河北邢台市）达活泉引入城中，分为三渠，引出城东，灌溉田地。

（3）顺德至古任城的沣（“沣”原为“澧”，据《元史》中华书局标点本改）河泛滥改道，淹没民田一千三百余顷，如开浚此河，被淹田地即可耕种；此河从小王村入滹沱，再合御河，可通行舟船。

（4）从磁州（治今河北磁县）东北滏、漳二水合流处开渠，引水由滏阳（今河北磁县）、邯郸（今河北邯郸市）、洺州永年（今永年县东南），下经鸡泽，汇入沣河，可灌田三千余顷。

（5）怀（治今沁阳县）、孟州引沁渠道，浇灌后犹有漏堰余水，东与丹河余水相合。如将其引向东流，至武陟县（今武陟县南）北，汇入御河，沿途可灌田一千余顷[15]。

（6）在孟州（治今河南孟县）西开引黄河的渠道，经由新、旧孟州（旧孟州在孟县南）中间，顺黄河古堤下，至温县南复入河，也可灌田两千余顷。

以上六项建议涉及通京城的漕运，引泉、引滏、漳、沁、丹和黄河等灌溉工程，及治理沣河泛滥的工程，体现了郭守敬主张在华北平原大范围的地区治水兴利、开发水资源的设想，其规划思想给后人以很大的启示，明清时期兴修的一些水利工程即受其思想的影响。

郭守敬面陈“水利六事”，甚得元世祖的赞赏，他说：“任事者如此，人不为素餐矣。”即任命郭守敬提举诸路河渠。次年，擢升为副河渠使。

至元元年（公元1264年），随张文谦赴西夏（今宁夏），修整汉、唐以来的引黄灌溉渠道。这些渠道遭受战乱影响，废坏淤浅，严重影响农业生产的正常进行。在郭守敬的主持下，根据变化后的地形和水情条件，重新设置闸坝，修理疏浚唐来、汉延渠及其他干渠10条，支渠68条，“灌田九万余顷”。当地人民为表彰他的功绩，特树碑于渠上。



至元二年，升任都水少监。郭守敬自中兴（今银川市）顺河而下，四昼夜至东胜（今内蒙古托克托县），视察了后套地区。他提出黄河自中兴至东胜，可以开通漕运。又见到查泊、乌梁海（今内蒙古乌梁素海一带）古渠甚多，要求修复利用。之后，主持重开引卢沟河（今永定河）水的金口河工程，在卢沟河东岸的麻峪村开渠，东流穿过西山（石景山）而出，称为金口，灌溉金口以东，燕京以北的农田，并拟通漕运。为避免洪水涌入渠道，在金口以西预开一个减水口，接通大河，涨水可从减水口泄出归河。金口河恢复后，虽然漕运问题没能解决，但在灌溉农田和运输西山木材建造大都两个方面，起了不小的作用。

至元八年，郭守敬任都水监，主管全国的水利建设。后四年，元政府拟“南征”进军，要建立水站，任命郭守敬踏勘河北、山东的通航水路。他自陵州（今德州市）至大名，又自济州（今济宁市）至沛县，又南至吕梁（今徐州市东），又自东平至纲城，又自东平清河逾旧黄河至御河，自卫州御河至东平，自东平西南水泊至御河，往返千余里，在方圆几百里内进行地形测绘和水道踏勘，得汶水、泗水与御河（卫河）相通之状，绘图上报[16]。这为之后南北大运河的开凿做了准备。

至元十三年，都水监并入工部，郭守敬任工部郎中，不久调到新设立的太史局，与王恂一起主持修改历法。他研制了近20种天文仪器，测得大量的观测资料。至元十六年在全国各地设立27个观测点，进行南北长11 000里，东西宽6 000余里的天文地理测量工作。至元十七年，编制出了新历法“授时历”，这是我国古代最精密和使用最长的一部历法。

元代至元二十年（公元1283年）开济宁以北的济州河，二十六年开会通河，南北大运河可通到通州，但通州至大都（今北京市）需改用车辆运输，耗费很大。郭守敬在中统三年、至元三年曾两次负责兴修这段运河，但因水源等问题未解决不能通航。制历工作完成后，郭守敬又对大都附近的地形和水文状况进行深入的勘察，重新拟定施工方案。至元二十八年，郭守敬又陈兴修水利11项建议，其中最重要的是大都运粮河改用引白浮泉水济漕的方案。《元史》卷六四《河渠志一》载郭守敬言：“疏凿通州至大都河，改引浑水溉田，于旧闸河踪迹导清水，上自昌平县白浮村引神山泉，西折南转，过双塔、榆河、一亩、玉泉诸水，至西水门入都城，南汇为积水潭（今什刹海），东南出文明门（今崇文门北），东至通州高丽庄入白河，总长一百六十四里一百四步。”其线路把白浮泉引向西行，再折向南流，沿西山东麓注入瓮山泊（昆明湖前身），从瓮山泊接高梁河（今长河），把水引入大都，再后至通州高丽庄与大运河衔接。这样可以汇合西山的诸泉水，大大增加水量，同时又避开白浮泉和大都城之间由沙河和清河所造成的河谷低地，保证水能进入北京。又在运道东岸修筑长堤“白浮堰”，使泉水不致外流，因而成功地解决了水源问题。此外，在积水潭到通州之间的河道上，设置水闸、斗门20座，以节制水流，解决河床坡度过大的问题，保证粮船平稳航行，体现了郭守敬的创造性规划设计技术。此时朝廷复置都水监，命郭守敬主持施工，工程自至元二十九年秋开工，仅用一年时间就告完工。由于漕运畅通，赐名为通惠河。这一水利成就，不仅便利了运输，而且还解决了北京城里的水源问题，使北京郊区一些土地得到灌溉，并对北京城市的发展产生深刻的影响。



至元三十一年（公元1294年），任昭文馆大学士知太事院事。大德二年（公元1298年），上奏开上都铁幡竿渠，认为“山水频年暴下，非大为渠堰，广五七十步不可”。但主管官员吝于工费，所开渠宽缩小三分之一。汛期山水泛涨，渠道不能容，漂没人畜庐帐，几危王室行殿。说明郭守敬对洪水特性及渠道的规划设计技术掌握已经熟练。

郭守敬于延祐三年（公元1316年）卒，享年86岁。

郭守敬博学多能。在水利方面他先后提出20多条水利建议，对华北水资源开发、灌溉排水、水运交通和漕运都做了建设性的规划设想，又主持治理河渠闸堰几百所，水利成就很是突出。《元朝名臣事略》卷九称：郭守敬“决金口以下西山之栰，而京师材用是饶；复唐来以溉濒河之地，而灵夏军储用足；引汶泗以接江淮之脉，而燕吴漕运毕通；建斗门以开白浮之源，而公私陆费由省。又前后条奏便宜，凡二十余事，相治河渠泊堰大小数百余所。其在西夏，尝挽舟溯流而上，究所谓河源者，又尝自孟门以东，循黄河故道，纵广数百里间，皆为测量地平，或可以分杀河势，或可以溉灌田土，具有图谱。又尝以海面较京师（今北京市）至汴梁（今河南开封市）地形高下之差，谓汴梁之水去海甚远，其流峻急，而京师之水去海至近，其流且缓，其言信而有征。此水利之学，其不可及者也。”

郭守敬所以能取得突出的水利成就，除掌握丰富的水利知识外，与他具有正确的水利科技思想是分不开的。一是重视实地的调查和研究。他对华北水利、大都运道、南北运河能提出正确的规划方案，与实地调查正确认识水文地理状况有很大关系。如他提出利用邢台达活泉、大都玉泉、怀孟沁河“漏堰余水”，以及“引汶、泗，以接江、淮”航道等意见无不是对水系源流、地势高低深入调查研究后提出的。二是重视水资源的开发利用。北方水资源短缺，灌溉和航运用水紧张，因此，水源的开发和合理利用社会经济意义重大。中统三年他向元世祖面陈的水利六事，有五条是关于引水灌溉的，体现了其充分利用各种水资源，综合合理地利用水资源，扩大有效灌溉面积的水利思想，在当时的时代，能达到如此高的认识，是难能可贵的。又如通惠河的开通，就是开发了白浮泉等许多泉水，解决了水源不足这一关键问题才得以成功的。三是既善于总结吸取前人的技术经验，又不断地进行创新。他修复西夏引黄灌溉工程，采取“因旧谋新，更立闸堰”[14]的修复计划，充分利用原有的灌渠和吸取前人的修筑技术，但又根据变化了的地形和水情条件改建渠首和渠道工程，因此，能很快地恢复当地庞大的灌溉渠系，同时灌溉效益又比前代扩大。又如通惠河的设计，既继承原有的金闸河（由都城至通州的运河）和瓮山泊至都城的引水道，又对它们大加改造，重新设立水闸，新建了白浮堰，增引含沙量少的昌平县白浮和西山诸泉水作为补给源，而将含沙量多的卢沟水专门用于灌田，做到“引清避浊”，成功地修通了这条运河。尤为突出的成就是在测量工作中有重大的创新。至元间，“自孟门以东，循黄河故道，纵广数百里间，皆为测量地平”，进行了大面积的水准测量。“又尝以海面较京师至汴梁地形高下之差”，这是世界上最早提出的“海拔”概念。即用海平面作为测量时的统一基准点，这在大面积地形测量中是非常重要的，各地高差只要与海平面进行比较即能得出，而不需进行不同地之间的直接测量，故快捷正确。郭守敬比较京师与汴梁地形高差，即是



以海平面为基准点进行计算的。这一“海拔”概念的提出对测量学科的发展做出了重要贡献。四是努力对工程进行正确的设计。水利工程设计正确与否是影响工程成败和效益大小的关键。郭守敬在设计中对河流的水文特性（如水量大小、水情变化、含沙量状况）和地区的地形地势充分调查研究，在了解客观实际情况的基础上，运用所掌握的丰富水利知识进行设计，在工作中又不断修正原有的设计，因而他规划设计的工程水平甚高，被誉为“神人”。如他修建通惠河，经过几次试验，逐步改进方案，设计出相当合理的路线，取得了工程的成功。而上都铁幡竿渠不按他的规划施工，终至失败。

总之，郭守敬在正确的水利科学思想指导下，往往能解决重大的工程问题。元人称他的学识为“实学”。《元朝名臣事略》卷九说：“公以纯德实学，为世师法，然其不可及者有三，一曰水利之学，二曰历数之学，三曰仪象之学。”仅从水利方面而论亦是中肯的。因此，郭守敬是古代一位有多方面贡献的伟大科学家，取得的科学技术成就举世闻名。

四、任仁发及其太湖水利论说

任仁发，字子明，号月山，世居上海青龙镇（今青浦县东北35里）。生于南宋宝祐三年（公元1255年），18岁考取乡贡。元人南下占领松江后，任仁发被平章游显录用为宣慰掾，后来又被授予青龙镇“逻官”职。至元二十五年（公元1288年）升为海道副千户，后转迁为正千户，从征安南，改海船上千户[17]。当时太湖地区水灾严重，任仁发多年来关注家乡一带的水情，对如何治理水患形成较为成熟的看法，这时他向江浙行省的官员建议：“河沙汇乃吴淞江的咽喉，必先治此而后事集。”他的建议未被采纳，后来该处果然淤塞了，水患更加严重。

大德七年（公元1303年）松江府发生严重水灾，饥民众多。任仁发又向中央政府中书省上疏太湖水利利弊和疏浚之法，被采纳。江浙平章政事彻里委任仁发主持疏浚工作。治理的重点是疏浚太湖出水道吴淞江，乃淀山湖通入吴淞江的诸大浦。按任仁发意见，成立行都水监，直辖于中书省，由行都水监选派得力官吏领导施工[18]。工程于大德八年十一月兴工，组织15 000余名民工施工，经四个月时间，至次年二月竣工。开吴淞江海口段，西自上海县界吴淞旧江，东抵嘉定石桥洪，长38余里，深一丈五尺，阔25丈，并置闸多座，以阻潮沙[19]。

接着大德十年正月至三月，又疏浚赵屯浦、大盈浦、白鹤江、分庄嘴、樊浦、西浜、盘龙江、旧江等[20]。除分庄嘴、樊浦、西浜无考外，均是由淀山湖向北入吴淞江的水道，总计长37里321步，一般面宽20丈左右，深一丈五尺。另外，又在庙泾以西，盘龙以东开挑出水口五处，在新泾安置木闸两座。此次工程能抓住水患的主要症结进行治理。因自宋代把东南入海港浦筑堰捺断后，淀山湖变成苏湖秀三州之水总汇的场所，出水方向由东南入海转向东北入吴淞江，故需疏浚浅塞港浦。经疏浚后水患有所减轻。此次治水后，元成宗委他为都水监丞。

至大元年（公元1308年）除嘉兴府同知，第二年迁为中尚院判官。这时大都（今北京）通惠河上的杨尹闸底坏，水势汹涌，传言水中有水怪作祟，中书省官员无计可施，遂命任仁发修治。原来从通州至大都运粮河的闸座在修建时为赶进度，全部使用木料，“岁久木朽”[21]，故而损坏。任仁发修复时改用砖石作材料，以后



通惠河上的闸座逐渐皆改用砖石结构，任仁发在这一工程改建中首开其端。任仁发修复杨尹闸用了不到20天时间。接着山东会通河亦淤，又派任仁发去浚治，他"疏泉脉，镬僵沙，役不浃旬而毕"。会通河水源缺乏，疏浚泉眼是扩大水源的一个重要方面，开挖时地多僵砂，工程较艰巨，但工程进度快，使运河重新恢复了畅通。之后，任仁发升为都水少监。

至大二年（公元1309年），黄河在归德府（治今商丘市南）和封丘县决口，诏令任仁发负责堵口工程。他采用"蘧篨风埽"堵塞决口成功，同时加固黄河大堤500余里，保证了黄河的安全。

延祐三年（公元1316年）出任崇明州知州。至治年间（公元1321～1323年）调去参加修筑盐官州（治今海宁盐官镇）海塘。盐官一带自南宋以来多次遭遇钱塘江潮的严重侵袭，元仁宗延祐六七年间（公元1319～1320年）"海汛失度，累坏民居，陷地三十余里"[22]。据《元史·河渠志二》记载："其时省宪官共议，宜于州后北门添筑土塘，然后筑石塘，东西长四十三里，后以潮汐沙涨而止。"任仁发此时参与了研究修筑海塘的方案。

至治三年（公元1323年）又参加疏浚镇江运河和练湖淤积工程。江南运河镇江段，地势高仰，水源缺乏。"镇江运河全籍练湖之水为上源"。练湖"近年淤浅，舟楫不通"。当时任仁发与镇江路总管毛庄等建议，仿照淀山湖疏浚办法，用船千艘，每船三人，用竹罱捞取淤泥。泰定元年（公元1324年）经勘查，"上湖沙冈黄土，下湖茭根丛杂，泥亦坚硬，不可罱取"。于是任仁发设计了增筑湖堤的方案，将湖堤增阔至一丈二尺（为面阔），增高至二丈五尺（斜高）。原来预算，开运河民夫10 513人，60日完工；浚练湖民夫3 000人，90日完工。实际施工时征夫13 512人，共工作33日，其中筑练湖堤只进行三天（三月九日至十一日），虽然省了经费，但疏浚工程并未全部完成[22]。即便如此，已使运河的航运大为改善。为表彰任仁发在这次工程中的功劳，"诏赐银币"。

泰定元年任仁发已70岁高龄，又与江浙行省左丞朵班一起，统领常州、湖州、嘉兴和平江路、江阴州等民夫四万人施工，于泰定元年十二月动工疏浚太湖河道，二年闰正月初四完工。其中疏浚吴淞江旧江二道，长度是大德间所开38里的三分之二，深阔一样；疏浚大盈浦浦长25里160丈，深1丈，阔15丈；所浚乌泥泾深阔尺寸同大盈浦[23]。潘家浜、乌泥泾属黄浦水系，这是疏浚黄浦泄水路之始。工程结束后，任仁发又被授为都水庸田使司副使。

泰定三年春继续负责治理太湖水利，"凡创石闸六，筑塍围八千，浚沟汊千有奇"。六座石闸由各州县承建：赵浦闸二座，嘉定州承造；潘家浜南闸一座，上海县承造，北闸一座，崇德（治今桐乡县西南）、海盐州合造；乌泥泾南闸一座，嘉兴县造，北闸一座，华亭县（治今松江县）造。共用工26万多，当年夏季完工[20]。此次筑围浚浦对改善太湖平原农田水利有利。

泰定四年，又参与修复盐官海塘的工作。前一年八月海溢，坏盐官州堤防30里。当年二月，海潮冲毁捍海小塘，坏州城四里。朝廷决定由杭州府和浙西都水庸田使司共同负责修复海塘。其时"潮水异常，增筑土塘，不能抵御，议置板塘，以水涌难施工，遂作籧篨木柜"[22]。据王逢《梧溪集》记载，籧篨的办法是任仁



发从黄河堵口工程中移植过来的。但籧篨经不住海浪冲刷，“间有漂沉”，效果不理想。后人在此基础上作了改进，产生了石囤塘。这年他已73岁高龄，又迁中宪大夫浙东道宣慰副使。当年七月十二日病逝[24]。《新元史》卷一九四《任仁发传》评价他的水利成就说：“仁发治河为天下最，大工大役省臣皆委之。”他主持过黄河、运河、太湖水利的修治，工程规模巨大，尤其是太湖水利治绩最多。他在几十年的治水生涯中，积累了丰富的水利技术经验，形成自己的治水技术思想，这集中体现在他的著作《浙西水利议答录》中[25]。其主要的治水见解有以下几个方面：

1. 主张依据太湖水性治水。任仁发认为太湖地区水利与北方引渠灌溉不同，他说：“浙西地面，有江海河浦湖泖荡漾，溪涧沟渠汊泾浜漕溇等名；水有长流活水、潴定死水、往来潮水、泉石迸水、霖淫雨水、风决涨水、潮泥浑水、南来交水、风潮贼水、海啸淫水等名。水名既异，则拯治方略亦殊”。太湖地区水情复杂，并不是单从“水性就下”简单地进行疏导就能取得成效的。提出“治水之法，先度地形之高下，次审水势之往来，并追源溯流，各顺其性”，主张进行全面规划，综合治理，因地制宜。

2. 提出浚河、筑岸、置闸三法并举，着重治理吴淞江的治水方法。任仁发说：“大抵治水之法，其事有三：浚河港必深泻，筑围岸必高厚，置闸窦必多广。设遇水旱，有河港深泻堤防而乘除之，自然不能为害。”浚河以泄水，筑堤以障水，置闸以限水，这是水网圩田地区有效的水利措施，任仁发将前人的经验简明地作了总结。他赞成范仲淹的治水方略，如提到“古人论泄水之法极详，范文正公曰：三分其时，损居二焉，谓如一日十二时，昼夜两潮，四时辰潮涨，八时辰潮落”。“范文正公曰：新导之河，必设诸闸”。“昔范文正公亲开海浦，时议者阻之。公锐意完具，排浮议，疏浚横潦，数年大稔。”又说：范文正公“尽心于水利，尝谓修围、浚河、置闸三者如鼎足，缺一不可，三者备矣，水旱岂足忧哉”。任仁发提出的太湖治水方法“筑围、浚河、置闸”，主要继承范仲淹的治水思想，又加以总结提高而形成。

在筑围方面，他驳斥了苏州地势低，不可作田的说法，指出“晋宋以降，仓廪所积，悉仰给于浙西水田之利”。而“浙西之地，低于天下，而苏湖又低于浙西，淀山湖又低于苏州”，认为淀山湖是浙西最低处，昔有富户数千家筑堤围裹，已经营为膏腴之田，所以浙西低地经过治理，都可成为良田，不可作田的说法是不对的。总的来说他是赞成筑圩围田的，但对围裹淀山湖影响水利也是深表关切的。

在浚河方面，他认为恢复吴淞江的畅通是治水的重点。治理的办法首先是展宽吴淞江上源。当时太湖东岸出水处多作栅、作堰、作桥，为阻止私盐船往来，湖泖港汊多行塞断，致使“所有水脉不通，清水日弱，浑潮日盛，沙泥日积，而吴淞江日就淤塞”。任仁发认为可用人力开宽太湖出水口，保持吴江石塘上木桥和水洞的畅通，“庶使上流宽泻，清水力盛，泥沙自不能积，何致有堙塞之患哉”。其次重视开浚淀山湖通吴淞江的诸浦。泰定元年他在《讲究平江等路水利状》[26]中说：“淀山湖自大盈、赵屯等浦以出吴淞江与浑潮相接最近，若上源所注不急，则潮沙注湖渐成淤淀，富家因淤淀围裹成田，由是湖水与诸浦渐远，而所泄益微。若非就湖内围田多开河渠，及时修浚诸浦，则此湖之塞恐不止于是也。”

在建闸方面，他主张建闸遏潮冲淤。指出“若不置闸以限潮沙，则浑潮卷沙



而来，清水归深源而去”。特别是新开的江道，因水性不顺，兼以河沙挂住淤泥，数月间就会淤塞。建议于所开吴淞江海口段置闸十座，“潮平则闭闸而拒之；潮退则开闸以放之”，既能阻遏浑潮，又能蓄积清水冲淤，可“欲再复吴淞江之故道”。这样太湖地区排洪涝水的干流，东南有上海浦，东北有刘家港，中有吴淞江，“与古三江，其势相埒”，太湖的洪涝问题就能得到解决。挡潮闸的作用，诚如任仁发所说。但他说开江身25丈，置闸十座，每闸阔二丈五尺，闸能昼夜去水，“终江面二里之宽，不如十闸之功也”。对这一说法，徐光启批评说：“岂开江二十五丈，遂足当二里之旧吴淞哉？任亦不达水理。”[27]泰定三年在赵浦、潘家浜、乌泥泾所建六座闸，每闸止阔二丈，总计12丈。而这三条浦浜是排泄淀山湖、长泖之水的主要水道，因闸小，雨季排水不及，淹没民居农田；闭闸后潮汐顶托的淡水又无法进入河道，农田失灌溉之利。所以后来陆续取消了各闸[28]。说明任仁发在掌握建闸的技术上还有不足。

3. 治理太湖水利要“水监通行管领，一体整治”。任仁发总结了五代吴越和南宋时治水的经验，指出当时有“名卿重臣，专董其事”，“尽心经理，使高田低田，各有制水之法”。“富豪上户，美言不能乱其法，财货不能动其心，凡利害之端，可以兴除者，莫不备举”。“又复七里为一纵浦，十里为一横塘，田连阡陌，位位相承，悉为膏腴之产”。他认为浙西水情复杂，必须设专司统一规划，进行治理，这样才不会产生“或利于此，必害于彼”的弊端，才能“用心协力于均水利”。大德八年（公元1304年）任仁发奏立行都水监于平江路，上隶中书省，负责“修治河道闸坝”，统一征调民夫，收买物料，浚治吴淞江。元代还在浙西设立都水庸田使司，“专一修筑田围，疏浚河道”[29]。但此机构并不常设，废复多次。当时有人认为设置“无益”，有人认为“扰民”。故任仁发对这些议论进行批驳，强调浙西水势复杂，水利难治，依据历史经验，必须设置水监专门机构统一整治。

总之，任仁发是元代中期水利治绩最多的水利家，他对太湖平原治水的论说具有独特的见解，得到后人的重视。除擅长于水利外，他还是元代著名的画家，精于画马和人物，花鸟画也很出色。

第二节　水利文献

有关唐代灌溉水利的文献，以《新唐书·地理志》记载最丰，基本反映了唐代兴修的水利工程状况。宋、元出现了记述地区水利和专项工程的专著，论太湖水利的专著有郏亶《吴门水利书》、单锷《吴中水利书》、郏侨《水利书》等，前面已作了介绍。除这些外，有名的有记浙东它山堰水利的专著《四明它山水利备览》，南宋魏岘撰，主要记述唐代以来它山堰水利。元代李好文著《长安志图》，其下卷为《泾渠图说》，是现存第一部引泾灌溉专史。中国农书众多，元代王祯《农书》对灌溉工程种类、水利建设、水利机具作了系统的总结，在农书中是很突出的。

一、《新唐书·地理志》

《新唐书》，北宋欧阳修、宋祁著。《新唐书》无专门记述水利的专篇《河渠志》，但所撰《地理志》多少弥补了这一缺陷。《地理志》共七卷，记载了政区设



置、户口、山川、物产、水利等状况。兴修的水利工程分别列在关内道、河南道、河东道、河北道、山南道、陇右道、淮南道、江南道、剑南道、岭南道所属州郡下，记载唐代水利的文献以《新唐书·地理志》中内容最多、最全面。

所记水利工程内容，主要以灌排水利工程为主，对防洪、航运、城市用水工程也有记述。文中交代了工程兴修的时间及负责人、渠道的位置，对所引水源、流经路线、用途、效益也作了记载。这为全面了解唐代兴修水利的状况提供了重要的资料。现以天宝十四年（公元755年）为界，将唐代分为前后两期，按地区列出兴修的农田水利工程数。见表3-7-2-1、表3-7-2-2。

表3-7-2-1　唐代（各道）兴修农田水利工程统计表

道名 \ 工程项数 \ 时期	唐前期	唐后期	唐　代
关内道	12	11	23
河南道	29	3	32
河东道	17	1	18
河北道	44	5	49
山南道	4	6	10
淮南道	7	9	16
江南道	19	45	64
剑南道	15	4	19
岭南道	2	1	3
陇右道	2	0	2
总　计	151	85	236

注：表中苏州海盐县古泾301条，洪州南昌县陂塘598所分布集中，只作一项工程计算。

表3-7-2-2　唐代（今省区）兴修农田水利工程统计表

今省区 \ 工程项数 \ 时期	唐前期	唐后期	唐　代
陕西	10	5	15
宁夏	1	2	3
内蒙	0	4	4
河南	13	6	19
山东	17	0	17



（续表）

今省区＼工程项数＼时期	唐前期	唐后期	唐　代
山西	17	1	18
河北	40	1	41
湖北	0	5	5
湖南	4	2	6
安徽	6	4	10
江苏	6	15	21
浙江	10	17	27
江西	0	14	14
福建	7	4	11
四川	15	4	19
广西	2	1	3
甘肃	3	0	3
总计	151	85	236

唐代兴修水利工程分布图，见图3－7－2－1。

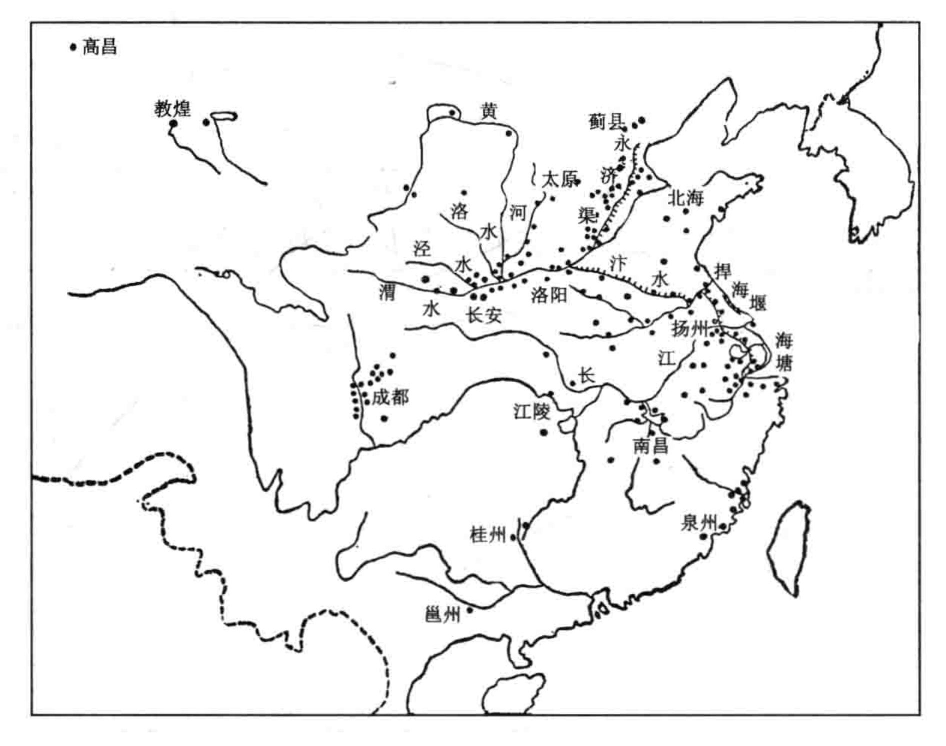


图3－7－2－1　唐代兴修水利工程分布图



《新唐书·地理志》记载的农田水利工程虽然很多，但对工程技术记载不多，也不具体。然而对资料进行综合分析后，仍可看出唐代在灌溉工程技术方面取得的进步。如关中郑白渠唐代增开了支渠，建分水闸彭城堰，扩大了农田灌溉面积，利于合理用水；河东太原县贞观中架渡漕引晋水入东城；楚州宝应县白水塘灌区大规模修建渠系等等，技术上皆比前代有进步。

此外，从《新唐书·地理志》可知唐代水利工程在地区分布方面的状况，以及唐代前后期水利工程分布的特点。农田水利的兴建，是地区农业开发和经济发展的重要内容，《新唐书·地理志》较为全面地提供了唐代兴修水利的全貌，这些又体现了它重要的文献价值。

二、《四明它山水利备览》

《四明它山水利备览》（以下称《备览》）是记述唐、宋时浙江宁波地区以它山堰工程为主的农田水利专著，南宋人魏岘撰，书成于淳祐年间①。魏岘，鄞县人。据《备览》的序说，他家“距堰（它山堰）不数里”，又据《备览·四明重建乌金堨记》说：“岘世居（光）溪之滨”，即在今鄞江镇。生卒年月不详，从生平事迹看，约生于淳熙中（公元1174～1189年），卒于宝祐中（公元1253～1258年）。他在嘉定间（公元1208～1224年）任朝奉郎提举福建路市舶，任内嘉定十四年在家乡主持重修乌金堨的工作。绍定（公元1228～1233年）初任都大坑冶司，五年罢职回乡，见它山堰沙淤严重，多次以私力雇募民夫开淘，在他的要求下，官府专拨了田地作为淘沙开销。淳祐元年（公元1241年）十月又被委任主持它山堰堰口淘沙[30]，“（沙）高出水面至四五尺，自堰港口至新安庙前凡五百余丈”（《备览·淘沙》），共用40余天时间，疏通了这段河道。淳祐二年，受置制沿海使陈崲之命，主持修建回沙闸。同年，魏岘被起用任直秘阁中大夫知吉州军兼管内劝农使。淳祐三年八月奉命修鄞县洪水湾处鄞江堤，九月又被委任主持回沙闸外淘沙。由于魏岘家居靠近它山堰，利于他调查它山堰的地理环境和历史状况，加上他本人多次亲自参与了它山堰工程的维修工作，对它山堰的水源原委、工程布局和结构都很了解，他又参考了图志所载和前人记文，结合自己的见解，特地编撰了它山堰工程专著，以供后来兴修水利者阅览和备考，故书名为《四明它山水利备览》。该书史实可信度高，记述工程技术方面较详，是了解和研究它山堰工程的必读之书，亦是一部珍贵的水利历史文献。

《备览》分上、下两卷，加上序，整部书约17 000字左右。上卷共28目，记述了它山堰的水源和渠系经流，述说了灌区各项工程，如堰三堨、日月二湖等的规制、作用和修建始末，介绍了梅梁状况；阐述了宋代维修工程的情况，如修堰护堰、建回沙闸、淘沙、防沙、洪水湾筑堤等，还记述了淘沙田的设置经过，看守回沙闸人等的管理事项；分析了宁波地区广德湖、仲夏堰水利工程的演变以及与它山堰的关系。下卷收录宋代人所作它山堰的碑记6篇，即丁顾《重修善政侯祠堂

① 《备览》序作于淳祐二年（公元1242年）上元节，但此时书并未全部完成，所记“洪水湾筑堤”工程施工时间，始于淳祐三年八月二十八日，至九月初七日完工。“它山水源”中记自唐太和七年（公元833年）建堰，“逮今四百十有六年”，即公元1249年，为淳祐九年。故全书的完成最早在淳祐九年。



记》、舒亶《西湖引水记》、杨蒙《重修它山堰引水记》、魏行已《重修增它山堰记》、魏岘《四明重建乌金堨记》、林元晋《回沙闸记》，以及它山歌诗16首。从碑记中可了解宋代维修它山堰工程的一些情况。

《备览》是现存最早的一部记述水利工程的专著，在科学技术史上的价值甚高。书中记述了它山堰兴筑原委、修治始末和工程效益，使后人了解它山堰兴建前后四明它山的水利形势变化，以及要解决的水利矛盾和工程需承担的任务。又对它山堰大坝，即浙东第一座大型拦河砌石重力坝的结构、布局、施工和增建方法、技术措施作了介绍，为人们了解此坝的结构提供了有用的资料。还对宋代增建的回沙闸结构、作用、维护管理详加记载，回沙闸是这一时期浙东新出现的工程技术。又记述了它山堰灌区的渠系工程，其布置巧妙，除有灌排功能外，还兼有航运、城市供水的作用。此外，《备览》明确记载森林可以涵养水源，防止水土流失，这一认识与前代人相比是深刻多了。《汉书·贡禹传》中仅有简单的记载："斩伐林木，亡有时禁，水旱之灾，未必不由此也。"而《备览》的记载则具体多了。在"淘沙"一节中说："四明水陆之胜，万山深秀，昔时巨木高森，沿溪平地，竹木蔚然茂密，虽遇暴水湍激，沙土为木根盘固，流下不多，所淤亦少，开淘良易。近年来，木植价穹，斧斤相寻，靡山不童，而平地竹木，亦为之一空，大水之时，既无林木少抑奔湍之势，又无包缆以固沙土之积，致使浮沙随流而下，淤塞溪流，至高四五丈，绵亘二三里，两岸积沙，侵占溪港，皆成陆地，其上种木，有高二三丈者，由是舟楫不通，田畴失溉。"这是从实践中得出的认识，至今有着重大的意义，提醒人们不能滥砍树木，否则会严重破坏生态环境。

《备览》记载翔实，可纠正史书中的一些谬误。《新唐书·地理志五》在明州鄮县（五代后称鄞县）下载："南二里有小江湖，溉田八百顷，开元中令王元纬置，民立祠祀之"。据《备览》可知，鄮县南二里无溉田达800顷的小江湖[31]，《新唐书·地理志五》所指小江湖实是它山堰。又它山堰修筑时间不在开元中，而是太和七年。《备览》"它山水源"载："唐太和七年邑令王侯元時相地之宜，以此为水道所历喉襟之处，规而作堰，截断咸汐，导大溪之流自堰之上北入于溪。"它山堰的修建人应为王元時。《备览》"王侯名爵侯封庙额"记："侯姓王讳元時，琅琊人也，唐太和七年以朝议郎行鄮县令上柱国，筑它山堰，浚小江湖，民德之。"下卷唐僧元亮《它山歌诗》中也载它山堰为太和中王元時所建。据上所引，《新唐书·地理志五》将"時"字误作"纬"，将名字搞错了。对《备览》的史料价值，《四库全书提要》也做了肯定："至于以元時为元纬，以太和七年为开元中，则此编（指《备览》）所载诸碑记，及唐僧元亮诗，证佐显然，足以纠正唐志之谬，不得以史异文为疑矣"。

《备览》一书，"颇为近古，宋四明郡志尝采其说，传本颇稀，明代崇祯辛巳郡人陈朝辅始得旧帙梓行"[32]，这样《备览》才得以流传开来。《备览》的版本有《守山阁丛书》、《宋元四明六志》、《四明丛书》、《丛书集成初编》本，及烟与楼刊本等。《备览》在科技史、文献学等方面有着重要的价值，是一部宝贵的水利工程专著。



三、《长安志图·泾渠图说》

《长安志图》为元代李好文所著，原名为《长安图记》，后人以与宋代宋敏求《长安志》合刊，改名为《长安志图》。此书下卷即《泾渠图说》，是第一部引泾灌溉的专史。著者李好文，字惟中，东明（今山东东明县东南）人，至治元年（公元 1321 年）进士，历任太常博士、国子博士、监察御史等职。至正元年（公元 1341 年）除国子祭酒，改陕西行台治书侍御史，官至光禄大夫，河南行省平章政事[33]。《泾渠图说》载至正二年陕西监察御史樵隐必申达而所作的序，序中说："闻前祭酒李公惟中今为行御史台治书侍御史，每以抚字为念，尝刻泾水为图，集古今渠堰兴坏废置始末，与其法禁条例，田赋名数，民庶利病，合为一书，名之曰《泾渠图说》，索而读之，信乎其有裨于治也。"则此书为李好文于至正初在陕西任上所作。

《泾渠图说》内容包括《泾渠总图》、《富平石川溉田图》二幅，及《渠堰因革》、《洪堰制度》、《用水则例》、《设立屯田》、《建言利病》、《泾渠总论》六篇文。分别记载了引泾渠道的创建和历代维修的情况，元代引泾渠道渠首工程洪堰的结构和维护管理，干渠上的主要工程设施，渠系的布置系统，制定的灌区用水管理制度，元代引泾灌区屯田的机构组织和交纳的田赋数，还有维护管理泾渠的一些重要建议等。

从《泾渠图说》可了解和研究历代引泾灌溉工程的情况。书中不仅收录前人所说，还阐述个人的见解。如对六辅渠，认为："云阳三原两县界渠迹尚存，亦号辅渠，今北限渠所经，盖其地也，但谓南岸者可疑，恐当作北岸，又两县北境清、冶二水，溉真高田，即辅渠之遗制也。"又如辨白渠的走向："白公非别为一渠也，但以郑渠势高泾塞下行，便于上流别凿一口，下流则就郑渠之故迹耳。今白渠口上去谷口五里，又按郑渠尾入于洛，白渠尾注于渭，渭者由石川河入渭也。"这些论述都甚有道理。书中记述宋代所开丰利渠工程尤为详细，从渠道布置、施工过程、渠道建筑、工程效益，到防洪防沙设施皆具体述说，能够使人们了解宋代引泾灌溉工程技术所达到的水平。对元代的王御史渠和关中泾、渭所经地的其他诸渠也作了记述。

《泾渠图说》又一突出的地方是记载了引泾灌溉制度。《洪堰制度》主要记述工程管理制度，内容包括渠首工程洪堰，渠道枢纽工程三限闸、邢堰、彭城闸，各渠道的斗门，以及退水槽等的维护管理要求和规定。《用水则例》主要记述用水管理制度，规定的管水和分配用水制度严密，其中一些用水管理的原则一直流传至今。

《泾渠图说》在灌溉水量的分配上，提出了初步的流量概念"徼"，使分配用水量化，做到计划用水较为合理、科学，提高了管理水平，体现了灌区用水管理水平的进步。

四、王祯《农书》中的水利思想和水利技术

元代王祯所撰《农书》，也称《东鲁王氏农书》。王祯，字伯善，山东东平人，生卒年月不详。从其著作中得知他在元贞元年（公元 1295 年）任旌德县（今安徽旌德县）尹，任职六年，大德四年（公元 1300 年）调任永丰县（今江西广丰县）。在任旌德县尹时已开始编写《农书》，到迁任永丰县后才完成。大德八年（公元



1304年）元成帝曾下旨刻行王祯《农书》，诏旨谓："信州路永丰县尹王祯，东鲁名儒，年高学博，南北游宦，涉历有年，尝著《农桑通诀》、《农器图谱》及《谷谱》等书，考究精详，训释明白，备古今圣经贤传之所载，合南北地利人事之所宜，下可以为田里之法程，上可以赞官府之劝课。虽坊肆所刊旧有《齐民要术》、《务本辑要》等书，皆不若此书之集大成也。若不锓梓流布，恐失其传。"[34]元仁宗皇庆二年（公元1313年）王祯为自己的《农书》作序，是否刊行不明。但成书后一个世纪被收入《永乐大典》，明嘉靖九年（公元1530年）由山东布政司付刻发行。《农书》由《农桑通诀》、《谷谱》、《农器图谱》三大部分组成。全书共约13.6万字，书中兼论南北农业技术。其中《农桑通诀》中的《灌溉篇》，《农器图谱》中的《田制门》、《灌溉门》和《利用门》都是阐述水利的专文。

王祯的水利思想主要体现在以下几方面：

（1）重视农田灌溉水利的兴建，以促进农业生产的发展。王祯继承了我国自古以来重农的思想，他在自序中说："农，天下之大本也。一夫不耕，或授之饥，一女不织，或授之寒。古先圣哲，敬民事也，首重农。"要发展农业，必须重视灌溉事业。"庶灌溉之事，为农务之大本，国家之厚利也。"[35]如何兴修水利呢？王祯认为言水利，"不必他求别访，但能修复故迹，足为兴利"。他在《农桑通诀集之三·灌溉篇》中列举了古代著名的水利工程，如关中的郑国、白公、六辅、龙首渠，河内的漳水十二渠、漕渠，郎州右史渠，南阳钳卢陂，庐江芍陂，颍州鸿隙陂，广陵雷陂，浙左镜湖，兴元萧何堰，西蜀都江堰等，要求进行修理，恢复宏大的灌溉效益。指出当时对修筑农田水利工程重视不够，除了怀孟路的广济渠、广陵的雷陂、庐江的芍陂等处"略见举行"之外，"其余各处，陂渠川泽，废而不治，不为不多"。如果能够按故迹修复，利用地利，通沟渎，蓄陂泽，则可以"备水旱，使斥卤化为膏腴，汙薮变而为沃壤，国有余粮，民有余利"。元代时，北方古老的灌溉水利工程衰落湮废不少，而修复故迹，不失为快捷经济的方法。除要求恢复古老的水利工程外，王祯还赞赏民间自行修筑陂塘，这些陂塘广泛分布于南方，灌溉面积不算大，但数量非常多，所起作用亦明显。此外，王祯还重视京师附近的灌溉事业，举出前代已兴修过督亢渠、戾陵堰等水利工程，"溉田万余顷，为利十倍"。今其地处于京师所在，"尤宜疏通导达，以为亿万衣食之计"。还举秦汉首都所在地先后修郑国渠、白渠灌溉工程，解决了首都居民衣食问题为证。在此王祯首先提出以京畿地区（即今北京一带）兴水利营农的方略，战略意义重大。

（2）提倡充分发挥人力，努力开发水资源灌溉农田，以战胜水旱之灾。王祯把农田分为陆田（不进行灌溉的田）和水田（有灌溉水利的田）两类。他大力推崇水田，如引"傅子"的话："陆田者命悬于天，人力虽修，水旱不时，则一年功弃矣；水田，制之由人，人力修则地利可尽。"从而得出自己的看法："天时不如地利，地利不如人事，此水田灌溉之利也。"在"三才"思想中把人的因素放在了首位，力倡用人力兴修灌溉水利。他认为我国的水利资源丰富，"夫海内江淮河汉之外，复有名水万数，枝分派别，大难悉数，内而京师，外而列郡，至于边境，脉络贯通，俱可利泽。或通为沟渠，或蓄为陂塘，以资灌溉，安有旱暵之忧哉"[35]。认为只要尽量利用水资源灌溉，就能解除农田水旱之灾。



（3）高度评价圩田和围田水利。圩田或围田是利用低洼地的一种土地利用方式，必须兴修相应的水利工程。王祯说：“凡边江近湖，地多闲旷，霖雨涨潦，不时淹没，或浅浸弥漫，所以不任耕种。后因故将征进之暇，屯戍于此，所统兵众，分工起土，江淮之上，连属相望，遂广其利。亦有各处富有之家，度视地形，筑土作堤，环而不断，内地率有千顷，旱则通水，涝则泄去，故名曰‘围田’。又有据水筑为堤岸，复叠外护，或高至数丈，或曲直不等，长至弥望，每遇霖潦，以捍水势，故名曰‘圩田’，内有沟渎，以通灌溉，其田亦或不下千顷。”王祯认为围田和圩田，“此又水田之善者”，赞扬圩田的功用，“凡一熟之余，不惟本境足食，又可赡及邻郡，实近古之上法，将来之永利，富国富民，无越于此”[36]，高度赞扬我国劳动人民与水作斗争创造的圩田技术。

王祯《农书》中又对当时的水利工程技术作了系统的总结，并追溯源流演变，工程设施多绘制成图，形象地加以说明。

一是将水利田归纳为井田、区田、圃田、圩田、围田、柜田、坝田、架田、葑田、梯田、涂田、沙田、淤田等类。对各类田都加以定义，明确它们的特征，阐述修筑的方法、采取的水利措施，以及取得的农业效用等。

王祯在阐述水利田的历史时，不乏自己的见解。如介绍井田，认为是禹平治水土，“因井田沟洫以去水也”，指明了井田沟洫的作用。井田之法完备于周代。他认为《周礼》的“遂人”、“匠人”所述沟洫，也是“去水之法也”。认为古之井田，沟洫之于田野，有“决”的作用，以除水溢之害；还有“塞”的作用，即容水以解除干旱之患。又考《周礼》“稻人”，认为“此又下地之制，与‘遂人’‘匠人’异也，后世灌溉之利，实昉于此”。认为秦废井田而开阡陌，于今数千年，“遂人”、“匠人”之迹无复可见，惟“稻人”之法，“低湿水多之地犹祖述而用之”[35]。

二是对灌溉方式和农田水利建筑设施做了总结和分类。《农器图谱集之一·田制门》将灌溉方式大体分为三大类：

第一类是水源高于农田，可直接引水灌溉。主要修筑沟渠陂塌塘堰工程。“若沟渠陂堨，上置水闸，以备启闭；若塘堰之水，必置洄窦，以便通泄”。工程需建控制启闭的水闸和涵洞设施，此类“下灌及平浇之田为最”。因为可自流灌溉，浇灌最为省力。

第二类是水源低于农田，则设机械“挈而上之”。提水机具有翻车、筒轮、戽斗、桔槔之类。用车起水的田地等级为次第，“或再车、三车之田，又为次也”。因为提水灌溉较为费力。

第三类是地势高低曲折，水源又远的，需用设施“引而达之”。这些设施有架槽、连筒、阴沟、浚渠、陂栅之类。认为这是“用水之巧者”。

至于吸取地下水，王祯在《农器图谱集之十三·灌溉门》中列有“井”这一设施，称：“井，穴地出水也。”又分为“人力之井”和“天然之井”两种，前者用桔槔等提水，后者为岩穴泉窦。认为井是“水利之中所不可阙者”。

王祯对农田水利建筑设施做了系统的总结介绍。在《农器图谱集之十三·灌溉门》中列有水栅、水闸、陂塘、水塘、连筒、架槽、瓦窦、石笼、浚渠、阴沟、



井、水筹等，既有拦水建筑，又有引水、蓄水、过水建筑，还有启闭建筑及防冲防沙建筑，文中较详细地说明了这些建筑的设计和施工方法，述说完整。

三是系统介绍了当时所使用的提水工具。在《农器图谱集之十三·灌溉门》中列有戽斗、刮车、桔槔、辘轳，以及翻车、筒车、水转翻车、牛转翻车、卫转筒车、高转筒车、水转高车等。其中水转翻车、牛转翻车、高转筒车和水转高车为当时所创制。王祯曾对高转筒车作了试用，认为此器是“捷法”，设施巧妙。

四是系统介绍了当时所使用的水力机械。在《农器图谱集之十四·利用门》中列有水排、水磨、水砻、水碾、水轮三事、水转连磨、水击面罗、槽碓、机碓（翻车碓）、水转大纺车、田漏等，其中水砻为王祯所创。

可见，王祯总结归纳的水利灌溉工程类型和方式，几乎囊括了我国古代所创制的各类灌溉工程和灌溉机械，并对传统灌溉水利技术做了相当完整的总结，同时还注意介绍当时新出现的水利技术。总之，王祯《农书》阐明了农田水利与农业生产的密切关系，重视总结灌溉水利工程技术，书中图文并茂，有诗有说，形象生动，这在古代农书中是很有特色的，因此，此书是研究元代灌溉水利工程技术的必读之书。

参考文献

〔1〕《旧唐书》卷一八五下《姜师度传》称姜师度开元六年任河中尹，似有误。因开元时只有八年一度改蒲州为河中府。

〔2〕《旧唐书》卷一八五下《姜师度传》。

〔3〕《新唐书》卷三九《地理志三》。

〔4〕参见《水经注》卷一四《濡水》。《旧唐书》卷一八五下本传称“约魏武旧渠，傍海穿漕，号为平虏渠”。《新唐书》卷一〇〇本传称“循魏武帝故迹，并海凿平虏渠，以通饷路，罢海运，省功多”。都不是开曹操平虏渠，而是指曹操旧渠（新河）。

〔5〕唐·张鷟：《朝野佥载》卷四。

〔6〕《全唐诗》卷八七四《鲁城民歌》。

〔7〕《全唐文》卷二八唐玄宗：《褒姜师度诏》。

〔8〕宋·范仲淹：《范文正公集·政府奏议上》。

〔9〕载宋·范成大：《吴郡志》卷一九；明·归有光：《三吴水利录》卷一等。后代方志将两篇文章合编为《吴门水利书》。

〔10〕以上见范成大：《吴郡志》卷一九。

〔11〕《宋会要辑稿》食货七之二六。

〔12〕乾隆《青浦县志》卷三一。

〔13〕元·元好问《邢州新石桥记》，引自萧玉雄《郭守敬早期的水利活动与邢州治水》，《水利史志专刊》1989年第1期。以下未注明出处同。

〔14〕元·苏天爵：《元朝名臣事略》卷九《太史郭公守敬》。以下引语未注出处者，均引自此书。

〔15〕《元史》卷一六四《郭守敬传》作2 000余顷。

〔16〕《新元史》卷一七一《郭守敬传》。

〔17〕《新元史》卷一九四《任仁发传》，以下不注明出处的都据此。



〔18〕《任仁发请立行都水监状》，载张国维：《吴中水利全书》卷一三。

〔19〕元·苏天爵：《元朝名臣事略·平章武宁正宪王（彻尔）》卷四；明·张国维：《吴中水利全书》卷二四《吴淞江记》。但归有光《三吴水利录·元大德开江记》所记本次疏浚长度和起讫起点不同，待考。

〔20〕明·张国维：《吴中水利全书》卷一八《孙鼎松郡水利志》。

〔21〕《元史》卷六四《河渠志一》。

〔22〕《元史》卷六五《河渠志二》。

〔23〕明·张国维：《吴中水利全书》卷一八《孙鼎松郡水利志五》，施工日期据《元史》卷六五《河渠志二》和《新元史》卷一九四《任仁发传》。

〔24〕宗典：《元任仁发墓志的发现》，《文物》1959年第11期。

〔25〕载于《农政全书》卷一三；《天下郡国利病书》卷一七。但所载未分卷。史称《浙西水利议答录》有10卷。

〔26〕载明·张国维：《吴中水利全书》卷一三。

〔27〕明·徐光启：《农政全书》卷一三《水利》。

〔28〕《孙鼎松郡水利志七》，载明·张国维：《吴中水利全书》卷一八。

〔29〕明·姚文灏：《浙西水利书·元书·复立都水庸田司》。

〔30〕《宋元四明六志·校勘记》卷六《杂录下》，第6678页。魏岘生平又见《备览》。

〔31〕对小江湖，史料记载多有分歧。魏岘说小江湖即日湖，但日湖在宁波城中，不能溉田八百顷。乾道《四明图经》卷二载："小江湖在县（大历六年前鄮县治今鄞江镇，大历六年后鄮县移治今宁波。图经为后人所记，县治应为今宁波）南二十里，唐贞观十年（公元636年）令王君照修建，溉田八百余顷。"可能正确。其遗址在广德湖旧址以南，有地形隆起带将两湖相隔。详见魏嵩山：《唐代小江湖考》，载《文史》第八辑；以及《鄞县水利志》第十九章附考《小江湖》，河海大学出版社，1992年12月。

〔32〕《四库全书》提要。但陈本脱落错讹不少，清徐时栋据《宋元四明六志》本校勘。

〔33〕《元史》卷一八三《李好文传》。

〔34〕王毓瑚校王祯《农书》后附元大德八年诏旨抄白，农业出版社，1981年。

〔35〕王祯《农书·农桑通诀集之三·灌溉篇》。

〔36〕王祯《农书·农器图谱集之一·田制门》。



第四编

灌溉工程技术的深入发展（明、清）

公元1368年朱元璋推翻元朝统治，建立明朝。公元1644年明亡，清兵入关建立清王朝。明清封建政权建立以后，为了稳定社会秩序，巩固王朝统治，重视恢复和发展农业生产，采取鼓励垦荒、推行屯田、劝课农桑、兴修水利等一系列重农政策和措施，因此，灌溉工程在各地多有兴修，工程技术得到深入发展和继续提高。

明清两代历时500余年，全国基本处于统一和安定的政治环境之下，这有利于经济发展和人口增长。明洪武十四年（公元1381年）我国人口为5987万人，至清乾隆二十七年（公元1762年）增至2亿多，乾隆五十五年（公元1790年）突破3亿，道光十四年（公元1834年）突破4亿。人口的增长，迫使无地和少地的农民自发移垦，与水争田，向山要地。在长江中下游沿江湖区，大量围垦湖淤低地，作为开垦的手段和条件，圩垸水利大量发展；东南沿海涂田不断得到开发，围涂和海塘工程一再修筑。南方山丘区垦殖的规模和范围大为扩大，陂湖堰坝工程广泛修建，带动这些类型的工程技术水平明显提高。

明、清皆建都北京，经济重心却在南方，对南方经济的依赖程度更胜于前代，故重视东南财赋之地水利的治理和建设，投入大量的财力和人力，讲究水利工程的质量，因而工程技术不断得到发展。而北方的灌溉水利除京畿地区之外，投入力量均不足，许多古灌区基本处于维护的状态，在维护中，灌渠的工程技术仍有改进。同时，为了战胜干旱，维持和发展农业生产，广大农户积极举办费省工简、行之有效的凿井灌田事业，在华北地区形成了较大规模的井灌区，凿井技术和井灌机具有所改进。

明清时期疆域辽阔，为了巩固边疆的统治和发展当地经济，采取派重兵驻守、移民实边的政策，施行军屯、民屯和商屯，大力进行农业开发，新疆、台湾、云南等地的灌溉水利得到前所未有的发展，各地灌溉工程技术颇具特色。

这一时期，由于地区社会经济和农业生产发展的需要，对灌溉治水工作提出了更高的要求，既要防治水旱洪涝等多种自然灾害，又要做到合理开发利用区域的水土资源。在对水土资源特点认识、提高和水利科学技术经验积累的基础上，区域农田水利规划水平有了很大提高，提出了大范围流域或地区的水利规划，有的规划甚为详细，有的规划提出了新的见解。突出的如位于畿辅地区的海河流域，由于其地位的重要性，为了发展农业生产，必须治水兴利，为此要制定农田水利规划，其中以明代万历年间和清代雍正年间水利营田的规划影响最大。治理黄河是明清政府的大事，这一时期出现了治水与治田、治水与兴利、治水与造田相结合的议论和建议，眼光不再局限于黄河下游防洪，而是结合全流域的灌溉兴利和水土保持工作进



行，从而达到治水的目的。富庶的太湖流域根据水情的变化不断提出新的水利规划加以实施。这些表明地区水利的发展已走上综合治理的道路，对水土资源的开发利用也更趋合理。

明清时期农田水利论著大大增加，既有通史性的，又有地区水利著作，还有灌区和水利工程的专著。这些著作登载了水利治理的建议和认识，阐述了地区农田水利的历史和现状，记载了各种水利工程的特点，是研究水利工程技术的重要文献资料。通过这些水利论著也可知当时水利理论认识达到的水平。

明清时期，在我国传统灌溉工程技术继续深入发展的同时，西方近代自然科学包括水利工程技术也开始传入我国。虽然在 1840 年鸦片战争之前因闭关自守所起作用不大，但毕竟吹进了新的技术之风。

总之，明清时期由于政府对灌溉水利的重视和各地发展农业生产的需要，灌溉水利有了较大的发展，促使筑圩技术和圩区治理技术、海塘工程技术、围涂工程技术、陂塘堰坝工程技术、凿井技术、引水灌渠工程技术及区域农田水利规划技术等方面皆取得不小进步，水利理论认识也提高到一个新的高度。这说明，我国的传统灌溉工程技术，发展到明清时期，已达到全面成熟的历史阶段了。



第一章
圩垸水利

明清时期，南方各省的人口增长迅速，人多地少的矛盾日益加剧，促使人们进一步拓垦边际土地、肥沃的江滩、湖淤地成为首选目标。又因土地兼并的加剧及频繁的水旱灾害，出现大量失去土地的贫民，他们为了生存不断移向待开发的湖区，于是，再次出现了大规模“与水争地”的围垦浪潮。围垦活动主要集中于江汉、洞庭湖平原、鄱阳湖平原和长江下游沿江地区，因而这些地区圩田出现大量的增加。这些地区受长江及其支流洪水的影响，圩垸要防御汹涌的高水位洪水，迫使人们将圩堤修筑得坚固高大，并不断进行圩区的治理工作。

塘浦圩田发达的太湖地区，明清时商品经济和农业集约化程度提高，为了适应农业生产发展的要求，重视水利建设，讲究工程技术，筑圩技术和圩区治理技术大大提高。明清太湖地区的圩田还向近山坡洼地区发展，其圩田工程既有与平原水网圩田相似之处，也有其地区的特色。

第一节　南方圩垸水利的发展和工程特点

一、江汉、洞庭湖平原圩垸的兴盛和工程特点

长江中游宽广的两湖平原，北称江汉平原，南称洞庭湖平原，农业生产以堤垸为生命线。垸田的兴筑始于宋代，大规模筑堤围垦则发生在明清时期。这种筑堤作围，外以挡水、内以围田的农田，两湖通称为垸田，形制与太湖地区的圩田相同，但其名称因地而异，“或名堤、名围、名障、名垸、名坪，名因其土名，其实皆堤垸也”[1]。

明清两湖平原的围垦与自然因素、社会因素及它们相互之间的作用和影响有关。首先江湖淤浅成陆是围垦的前提条件。江汉平原原是历史上著名的云梦泽所在地，史称云梦泽“方九百里”。经长江、汉水泥沙的长期沉积，水面缩小并受分割，到唐宋时期，大面积的湖泊水体已为星罗棋布的小湖沼所代替。湖泊之间分布着片片淤积平原和滩地。宋代开始在江汉平原修筑堤垸，尤其在南宋后期，为筹集军费兵食，在荆湖曾大规模开发屯田，筑江堤以防水，垸田有所兴筑。但直到元代仍是地旷人稀。明清时期，由于上游地区开垦加剧，水土流失加重，使江汉泥沙淤积加快。明人童承叙说：“盖汉最浊，《汉书》云：河水一石而六斗泥，泾水一石其泥数斗。汉水之泥亦不啻是，每与江湖水合，其渣必澄，故常填淤，而沮泽之区，因成沃野。”[2]顾炎武《天下郡国利病书》卷七四称：“自正德以来，潜沔湖渚渐淤为平陆。”清代湖泽淤塞记载比比皆是。如汉川县“湖泽大半淤平”[3]，江陵县“诸湖渚又多浅淤”[4]，监利县“潴水诸湖俱已淤塞”[5]。这种自然的水土运动变迁使湖渚渐平，河道渐湮，为人们辟土造田创造了条件。

洞庭湖区在先秦、汉晋时期呈现一派沼泽平原的地貌景观。东晋后由于荆江北



岸人为筑堤和自然演变的影响，江水向南分流量加大，唐、宋时期由沼泽平原发展成“在巴陵县（今岳阳县）西，南连青草，亘赤沙，七八百里”[6]的汪洋大湖。为了防御洪水，开始在滨湖筑堤挡水。明代嘉靖年间，荆北统一河床形成，由于江北穴口的堵塞，长江大量水沙通过虎渡、调弦等穴口，向南排入洞庭湖，湖底不断淤高，在西北部发育成宽广的水下三角洲，其前缘到达汉寿东北、沅江西北的赤山，在枯水季节湖水降落，洲渚出露，为围垦提供了有利条件。由于来水有增无减，湖底不断淤高，洪水期间湖面水域继续向南部扩展，明清之际洞庭湖已扩为“横亘八九百里”[7]汪洋浩渺约6 000多平方公里的大湖。由是，南部滨湖一带普遍筑堤防水，保护农田。此时，四水入湖之处亦洲渚增生，大量修筑堤垸。清后期，荆江增加到四口向洞庭湖分流，入湖泥沙急剧增加，洞庭湖淤缩加快，围垦活动再次兴盛。

其次，人口的迁入和增加是围垦的动力内因。两湖平原在宋、元时期，地广人稀，劳动力的缺乏限制了垸田的发展。元末动乱，江西人为避兵灾大批迁入两湖。洪武、永乐年间，政府又组织“江右士庶”移民湖北。景泰五年，由于灾荒，各处流民20万转徙南阳、唐、邓、襄、汉、沔之间逐食。[8]河湖淤地肥沃，地旷赋轻，是外地移民垦殖的主要目标。成化之后，外来“佃民估客，日益萃聚”，垦湖淤地为垸田。嘉靖《沔阳志·食货》载：“湖多易淤，土旷易垦，食物旋给，他方之民萃焉，而江之右为甚，强者侵产，弱者就食，故客常浮于主。”在明一代江汉平原的外省移民以江西籍最多，其他还有来自江苏、浙江、福建、广东、陕西、山西、河南等省的民众，他们与当地人民一起努力兴筑堤垸。明代万历时，江汉平原已是“昔为菹茹，今称沃衍者，不啻万万”[9]。

清代是两湖平原历史上人口增长最快的时期。明隆庆六年（公元1572年）江汉平原有68.5万人，清嘉庆二十五年（公元1820年）增加到1 116.4万人，增加15倍多；洞庭湖区则由85.6万人增加到832.2万人，增加近9倍。[10]而康熙中期至雍正、乾隆时期更是两湖平原人口急剧增长的时期，而这一时期也正是堤垸迅速发展的时期。

再次，推行有利于围垦的政策。明、清前期鼓励垦荒，颁布了一系列有利于垦荒的政策。新辟的垸田赋税很轻。如明代，“湖田未尝税亩，或田连数十里而租不数斛，客民利之，多濒河为堤以自固，家富力强则又增修之”[2]。清代新辟的垸田一般不课税或六年后课以极轻微的税。这些优惠条件具有很大的吸引力，促使人们竞相围垦。

江汉平原堤垸的发展。明代洪武至成化初，垸田有一定的兴筑。嘉靖《沔阳志》卷八载：“明兴，江汉既平，民稍垦田修堤。是时法禁明白，人力齐壹，堤防坚厚，湖河深广，又垸少地旷，水至即漫衍有所停滞。……自洪武迄成化初水患颇宁。”成化之后，由于客民的大量参与，到万历年间江汉平原垸田的发展达到高潮，连平原中地势最低洼的一些州县皆筑有许多圩田。如：

潜江县成化时已有48垸，大部分分布于东荆河两岸[11]，万历年间该县发展到百余垸[12]。之后垸田更发展到县境各地。《天下郡国利病书》卷七四载：潜江县“周广七百二十八里，皆为重湖地，民多各自为垸，故南则淘湖牛埠，北则太平马



倡，西则白洑咸林，东则荷湖黄汉等几百余垸，俱环堤而居”。

沔阳州“居泽中，土惟涂泥”，明初已修筑堤防坚厚之垸，到嘉靖时达到百余区。垸田的特点：“大者轮广数十里，小者十余里。”[2]以修筑大围为主。

监利县“水国也，民系命于垸”。明初位于该县的荆江赤剥穴堙塞，乃筑大兴、赤射、新兴等20余垸。成化时又筑黄师庙、龙潭、龟渊等堤垸。嘉靖以后，“田之名垸者，星罗棋列”[13]。因此，土地增加很快。监利县正德年间田地为4001顷，万历间增到9 852顷[14]，增加1.46倍。

汉水以北的天门、孝感、汉川等县成化后亦大量筑垸，围垦低洼湖地。

清代建立后大力鼓励垦荒，经战乱毁颓的堤垸得到较快修整。特别是康熙五十五年（公元1716年）、雍正六年（公元1728年）两次各拨官帑六万两助修两湖堤垸，对堤垸工程建设作用巨大。如汉江沿岸的潜江、沔阳地势低洼，清初大片垸田被淹没，经过康熙年间的修筑加固，两县堤垸“川原历落，防制划然，或循旧迹，或新堵筑，皆屹若金汤”[15]，对水患有了较强的抗御能力。之后，随着人口的增加，到乾隆时又掀起围垦高潮，不仅围湖，还围垦荆江、汉江大堤外的洲滩。据记载，乾隆时江陵有垸148、沔阳有1 398、汉川有265、天门有109、潜江有160、孝感有56，六州县共有2136垸。[16]以沔阳州垸最多，全县五乡二十图一百里，共1 398个垸，有纳税田亩40 653.72顷，其中真正的农田上中下田共17 570.78顷，占全垸纳税面积的43.22%。此时县境内大部分土地已围入垸中，垸田面积可观。沔阳地势低洼，洪水威胁严重，围垦如此激烈，其余州县概可类知。筑圩技术也随围垦的进行不断改进。

洞庭湖平原堤垸的发展。明代初首先在湖区北部的华容县修筑了最早的围垸，共有48垸。[17]永乐十年（公元1412年）“增至百余区”。其中官垸、涛湖、安津、蔡田四垸最巨，各周回40余里，县赋半出其中。[18]洪武十一年在湖区南部的沅江县蒋保地区筑垸13处。[19]之后正统间，在湖西的龙阳县（治今汉寿县）筑有大围堤垸，周长35 800余丈，计120里，内有水湣（水闸）七座以泄积聚之流。嘉靖至万历年间洞庭湖区普遍修筑堤垸，这是由于嘉靖初荆江北岸穴口堵塞后，江水大量南倾，湖区遂苦水患，需建堤垸护田，然而堤岸修建虽多，围垦农田面积扩大不多。据统计，嘉靖以后至崇祯间，湖区共修建垸72处，防水堤27处，主要分布在沅江、安邑、龙阳、澧州、武陵（今常德市）、益阳、湘阴等处。总的来说，明代洞庭湖区筑垸围垦滩地是有限的，除北部地区发展有连片的垸田，四水入湖处筑有一些垸田外，广大的湖区水面浩渺，茫无际涯。

清代洞庭湖区经过顺、康复垦阶段，至康熙中期出现了第一次规模较大的筑垸扩垦活动。这是因康熙三十六年襄汉大堤冲溃，北民南奔，政府为安置这些灾民，允许他们在洞庭湖滨垦种荒滩，肥沃的淤滩还吸引了闽、广、赣之民来此安居，先后兴筑围堤，升科报粮。康熙末、雍正年间因湖区发生水灾，垸堤损坏很多，政府拨官帑助修堤垸，垸区“每堤障加高三尺，加宽五尺，坚厚倍前”[1]。许多堤垸都得到了修复、加固和培厚，建成了湖区骨干围垸——官垸的规模，官垸总数达155个，[20]对农业生产所起的作用很大。乾隆初因颁布了零星的土地开垦“免其升科”的政策，再次掀起筑垸围垦的热潮。洞庭湖“傍湖居民招来四方认垦之人，复于



湖滨各处筑堤垦田，遂曰‘民围’，数年以来，民围之多，视官围不止加倍，约计公私报册堤塍不下九万余丈，积八十万步，当千里而羸，往时受水之区，多为今日筑围之所”[21]。此时民围已是官围的两倍多，即300垸左右之数了。乾隆中叶湘阴县共有69垸，有田167 075亩，乾隆初即修50垸，有田107 249亩。故称围田“大率创自乾隆之初”[22]。

经过康、雍、乾三朝的持续围垦，长沙、岳州、常德、澧州四府州滨湖州县，“各属堤垸多者五六十，少者三四十，每垸大者六七十里，小者亦二三十里”[23]。环绕洞庭湖周围的垸田共达500余区[20]，官、民垸堤长四十多万丈。“凡稍高之地，无不筑围成田，湖滨堤垸如鳞，弥望天际，已有与水争地之势。”[1]

乾隆中期后，洞庭湖平原的围垸渐趋饱和，而民众因利益驱使，继续在湖边江岸隙地私筑小圩，致使河道堵塞，水系混乱，湖泽容水之地缩小，造成水患加剧，已有的官、民圩垸失收，由是引起当局的注意。乾隆、嘉庆、道光年间三次发布禁垸令，并采取了刨毁私围的行动，数次禁垸虽然取得一些成效，但不能遏止盲目围垦的发展。

咸丰、同治年间，荆江南岸藕池、松滋两口及其河道先后形成，与原来的虎渡、调弦两口组成四口分流局势，进入洞庭湖区的泥沙量急剧增加三倍之多。[24]分流水挟带泥沙首先进入湖区西北，在华容、安乡之南淤出了“南洲”。光绪十七年（公元1891年）设置南洲直隶厅（今南县）进行大规模垸田开发。此时西洞庭湖大部分成陆，东洞庭湖也淤出大片洲土。经过招民开垦淤地，到清末，据不完全统计，洞庭湖区共有圩垸千余个，垸田面积近六百万亩。[25]洞庭湖区堤垸发展示意图，见下页图4－1－1－1。

两湖圩垸水利工程的特点：一是湖北和湖南堤的布局和作用有所差别。史称“湖北之堤御江救田，湖南之堤阻水为田”[26]。湖北江、汉堤防是垸区最重要的防线，而湖南筑堤主要是围湖成田。荆江、汉水两岸原来有许多分流穴口，明代随着垸田的兴筑，穴口渐被堵塞，嘉靖初荆江北岸最后的一个穴口郝穴被堵塞，[27]此时汉水穴口也大多堵塞，于是荆江北岸的堤防形成一线，汉水下游两岸堤防也相继联为一体。本来“江水分流于穴口，穴口注流于湖渚，湖渚泄流于枝河，枝河泻入于江海”[28]，穴口堵塞后，穴口故道、湖渚、枝河逐渐变为廛舍畎亩，因此，修筑堤防成为防护圩垸头等重要之事。嘉靖三十九年（公元1560年）大水后，荆江决堤数十处。嘉靖四十五年荆州知府赵贤组织修堤，历三冬，大筑荆江南北之堤，并创立了“堤甲法”：“每千丈堤老一人，五百丈堤长一人，百丈堤甲一人，夫十人。”北岸江陵、监利堤四万九千余丈，南岸枝江、松滋、公安、石首堤五万四千余丈，设江陵北岸共堤长66人，南岸共堤长77人，监利东西岸共堤长80人，“夏秋守御，冬春修补，岁以为常”[29]，建立了较严密的堤工管理组织系统。江汉大堤全线的建成，对保障江汉平原垸田经济的发展起了很大的作用。但一到汛期，外水位高于内水位，又造成江汉平原内涝的局势，所以当地防洪排涝任务很重。而湖南洞庭湖“堤垸俱系沿湖多水之地，渐次圈成，所谓与水争地也”[30]。该处圩垸棋布，鳞次栉比，修防工程主要是做好各个圩垸的堤岸工程。圩区水域的变化，基本是圩堤增加越多，受水面积越少。洞庭湖对长江洪水有良好的调蓄作用，加上江汉



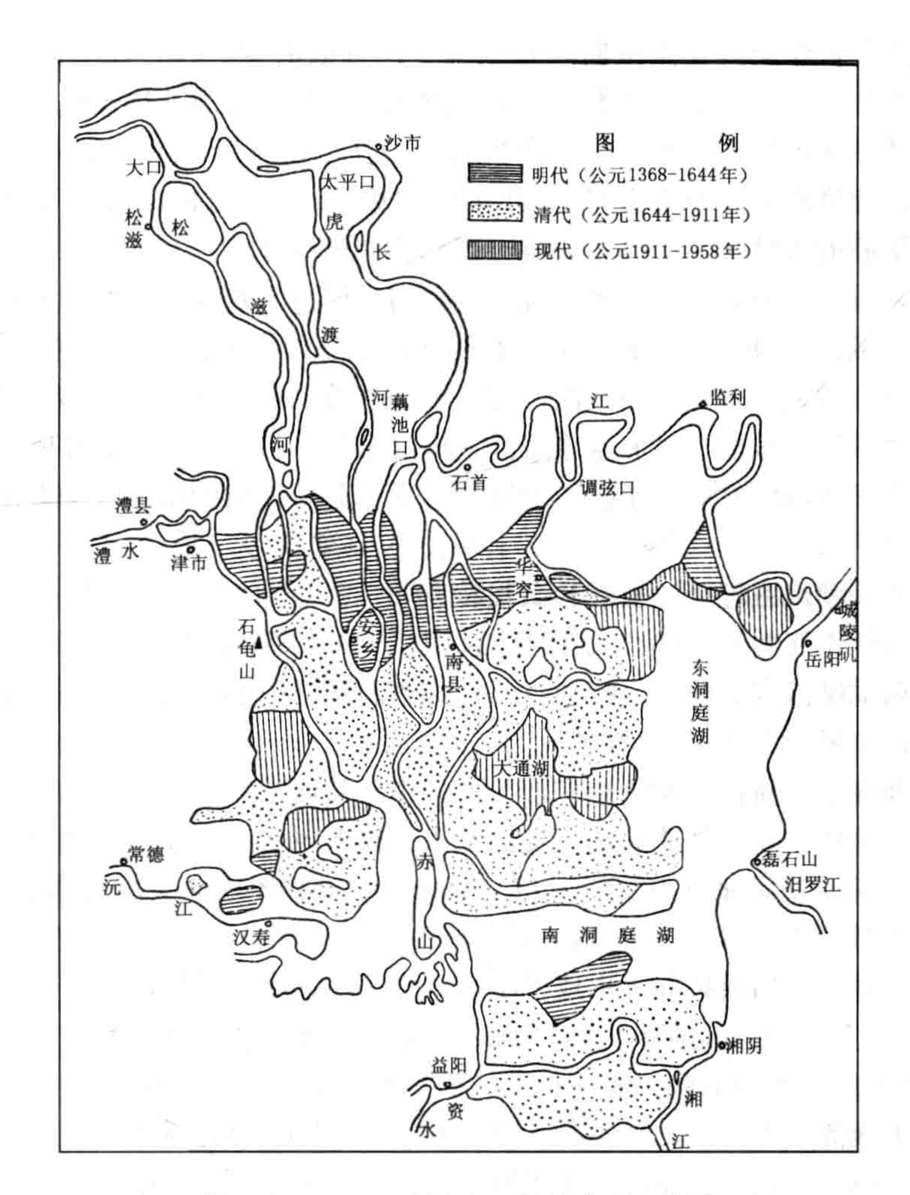


图 4－1－1－1　洞庭湖区堤垸发展示意图

（采自《长江水利史略》）

平原的政治和经济地位比洞庭湖区重要，“舍南救北”是当时的主导方针，所以人们对洞庭湖圩垸增加造成的阻水问题给予了更多的关注。

二是圩垸有官圩、民垸和私围之分，在工程规模、质量和技术水平方面皆有所差别。清代“滨湖筑围垦田，曾动官帑修筑者为官围，民间报垦入册岁修者为民围，虽经报垦未准筑堤及未经报垦私砌土埂挖种者为私围”[31]。官垸皆系康熙、雍正年间发官帑修筑的圩垸，嘉庆时统计洞庭湖区官围总数有 155 所，其中湘阴 16 所、益阳 14 所、巴陵 4 所、华容 33 所、武陵 15 所、龙阳 41 所、沅江 7 所、澧州 10 所、安乡 15 所。[32]因得到官帑的资助，官垸一般面积较大，堤身加高加固，修筑质量高。民垸只靠民间的力量修筑，在规模和质量方面不及官垸，但在官垸的影响下，为避免易淹待弊，亦不得不加高堤岸。私垸因私自围垦，如堤岸筑高阻水，查出后则要遭刨毁处理，所以私垸最为矮小。

三是以修筑大圩为主。如江汉平原低洼区的沔阳州，明代所修圩田“大者轮广数十里，小者十余里”[2]。清代洞庭湖滨，“每垸大者六七十里，小者亦二三十



里”[23]，这与长江及其支流汛期洪水汹涌水位高涨有关。江、汉堤防未联成一体前，洪水期江湖一片，需修筑大圩增强防洪能力；荆江堤防系统形成后，由于河床被泥沙不断淤垫抬高，洪水位线也渐抬升，荆江大堤不断加高（目前荆江洪水位已比堤内地面高出数米至十余米），汛期江水处于建瓴之势，对圩子的威胁更大。可见两湖平原的水情决定了需要修筑大圩和讲究筑圩技术。

总的来看，明清时期两湖平原垸田的兴筑，促进了农业生产的发展和商品粮基地的形成，民谚“湖广熟，天下足”在明代中期至清代中期广为流传，这与江汉、洞庭平原垸田的发展过程是一致的。之后，由于盲目过度的围垦，又使湖面日蹙，调蓄长江洪水能力减弱，平原水系紊乱，地区水灾日益频繁，生态环境恶化，又影响了两湖垸田经济的发展，于是，湖区的治理引起了人们的重视，产生了多种治理论说（详见下节）。

二、鄱阳湖地区圩田的发展和工程特点

鄱阳湖位于江西省北部，长江九江河段的南岸，是我国目前最大的淡水湖泊。它自西向东承纳修水、赣江、抚河、信江和鄱江等水，经调蓄后由湖口注入长江，多年平均径流量为1457亿立方米。

鄱阳湖在上更新世与洞庭湖相似，也呈现一片河网交错的平原地貌景观。全新世以来，该地区处于新构造运动沉降的状态，汉晋时代形成湖口断陷水域，称彭蠡湖[33]，水域局限在今鄱阳湖湖北地区。唐宋时，湖体不断向东南的鄱阳平原扩展，成为“周环数百里”、“弥茫浩渺与天无际”[34]的大湖，开始兼有鄱阳湖之称。明清时期，湖面继续向南扩展，形成军山、青岚等汊湖。但鄱阳湖一直是一个吞吐型的时令湖①，洪、枯水位变率大，洪水时一大片，而枯水时成一条线。每年枯水季节，“湖面萎缩，水束如带，黄茅白苇，旷如平野”[34]。自宋代以后五河上中游大量垦山，土壤流失增加，泥沙不断入湖淤积，各河口三角洲发育，尤以赣江为甚。明清时期，南昌东北的三角洲已相当宽广，为筑圩围垦创造了条件。

鄱阳滨湖各县地势低洼，唐宋以后，随着湖面向东南扩展，滨湖地区的河道之水下泄不畅，易泛滥为害，于是人们相继修筑堤岸，防水护田。如：唐建中元年（公元780年），刺史李公筑鄱阳县的东湖堤，唐代还在县东北筑郡令堤、马公堤等。[35]元和三年（公元808年），刺史韦丹在南昌筑长堤12里以捍赣江水。[36]会昌六年（公元846年），建昌县（今永修县）令何易于在县南一里筑何公堤。咸通三年（公元862年），县令孙承在县西二里筑孙公堤。咸通元年（公元860年），都昌县令陈可夫在县南一里筑陈令塘，以阻潦水。[37]这些堤岸处于滨湖沿河，属于挡水防洪的屏障，还不是典型的淤滩围垦。

明清时期鄱阳湖区真正进入圩田大发展阶段，围垦区主要位于五河尾闾三角洲。由于南昌东北赣江三角洲最为发育宽广，因此，圩田首先在这一带兴起。圩田始筑于何时，史载不详。明人卢廷选云：“南（昌）新（建）等县极为低洼，尤恃

① 鄱阳湖的水域面积，明清时无记载，1954年洪水期21米水位时，（吴淞高程）水面达5050平方公里。1995年实测最高水位21.80米，湖水面积3955平方公里，容积304亿立方米。枯水期湖水水位下降，洲滩出露，湖水归槽，蜿蜒一线。湖口站1963年实测最低水位5.9米时，湖水面积仅146平方公里，容积4.5亿立方米。



堤珰圩埽。今持之数百十年，使江如带，邑若覆盂者，堤珰之力也。”[38]说明南昌、新建一带圩田建设的历史悠长。明代中期有了大规模修建圩田的具体记载。据光绪《江西通志》卷六二《水利》记载：弘治十二年（公元1499年）郡守祝瀚主持修南昌县圩田64所，新建县圩田41所；同年又修南昌大有圩，圩堤西始石亭庄，东抵牛尾岭，延袤40里，北障鄱阳湖水，南垦平田数万亩，设牛尾岭石闸，“江溢则闭以拒浸，滥则泄以平田”。万历十四年、十五年（公元1586－1587年）大水后，又大修鄱阳湖区圩田，修筑南昌大有圩等共138所，新建县共174所。[39]万历三十五年（公元1607年）大水后，南昌县共修圩185所，枧76所，石闸十所[40]；新建县修圩175所。[39]明代，鄱阳湖周围的其他县也多修有圩田。如建昌县（今永修县）筑有廖坊圩、永兴圩和大岸圩等[41]；进贤县万历十五年筑圩六所，万历三十六年因旧圩多被冲毁，重新筑圩八所[42]；余干县有圩堤24条，绵亘200余里[43]；鄱阳县成化间筑濠湖圩，弘治间筑北湖圩、汤湾圩、郭溪圩等[44]，嘉靖间维修加固清泥圩、大场湖圩等22所[45]；又德化县（今九江市）于万历三年筑江北岸封郭洲堤，绵亘30里，捍卫民田三万六千余亩，万历初年巡抚潘季驯筑桑落洲堤，延亘70余里[46]。明后期圩田增加很多，堤圩都建有配套的水闸，以利蓄泄。

清代，湖区圩田继续发展，以南昌、新建、进贤、余干、鄱阳五县最多。这是因赣江三角洲的不断推进，同时抚河、信江、鄱江也由于上游山区的开发，来沙增多，湖滨淤滩迅速扩展，为辟土造田创造了条件。清代南昌县共筑圩315所，其中官圩89所，民圩226所。[47]新建县于乾隆三十五年（公元1770年）由官府登记编号，大小圩共计85所[48]，借官帑银八万余两修筑（道光二十七年下旨豁免还银），所以圩堤修筑牢固。进贤县以丰乐圩最大，周回数万丈，绵亘百余里，“税可千余石”。此圩筑于明弘治（公元1488－1505年）间，清代康熙三年（公元1664年）重修。到光绪初，全县有圩堤六所[49]，圩子都比较大。清代余干县的圩堤继续增多。同治《余干县志》卷四《圩渠》写明圩名、长度、围田面积的有26所，有田共196 590余亩，占全县田亩673 000亩的29.2%。光绪《江西通志》卷六二《水利》记载余干县有96圩，圩数比前又有增加。鄱阳县据同治《鄱阳县志·水利》记载，共有圩107所，大部分为乾隆、嘉庆、道光年间陆续兴筑，同治时又新筑九圩，其中保全圩将原有的七圩内包于中，有田近万亩。余干县和鄱阳县的圩数是明代的四倍多。

此外，清代星子县有万年等九圩，位于下七都地方，滨临河湖，“每圩田地自数顷至数十顷不等”[50]。建昌县道光元年（公元1821年）的县志载有68圩，同治八年曾议借款修61所圩堤，内曲埇圩等27圩先行给以借款修整，另34圩因坍卸年久，需费浩繁，定为缓修。[50]德安县有桂家圩等九所，每岁农隙官督民修，道光二十八年（公元1848年）、同治六年（公元1867年）大水后曾进行大修。[51]德化县继续加强江堤和沙洲堤岸的建设，都昌、湖口等县也筑有长短不一的防护堤。

鄱阳湖区明清时期修筑圩田工程的特点，表现在圩田主要分布于赣江等五河下游三角洲与湖滨草滩地区，圩堤工程随三角洲和湖滩的发育逐渐向外发展。如明代建成的南昌县余家塘、黄泥岭、双坑圩、万家塘、王甫港五圩，原在“豫章北陬，遡黄溪渡而下，巨浸衍为平沙，非三壤故疆，生齿日繁，则与水竞利，夺而成



壤”。由巨浸而平沙，再筑圩成壤。“括内成田以数十万，跨南（昌）新（建）二邑，属之粮以万计”[52]。之后，堤外继续淤积，淤积到一定的高度，又筑堤围垦，在濒临黄溪渡河处又筑有富防圩和集义圩。明清时期鄱阳湖区圩田工程的发展已出现向湖中不断推进的趋势和特征。

经过明清两代的经营，到清后期鄱阳湖区的圩田达到700所左右，因此，圩田生产的粮食相当可观，故有人说：“江右产谷，全仗圩田。”[53]为了保证圩田的生产，湖区人民努力提高圩子抗御洪水的能力，讲究筑圩技术，联圩并圩，增筑子圩，又增加闸坝，提高排涝能力，使筑圩技术有了很大的提高（详见下节）。

三、皖北沿江滨湖圩田的发展和工程特点

皖北沿江和巢湖地区，地势平坦，湖沼散布。由于江湖泥沙的长期淤积和人为经济活动的影响，荒洲淤滩众多，为兴修圩田创造了条件。

皖北沿江一带修筑圩田，滥觞于三国时期。宋代圩田有了发展，庐江、无为、合肥、和州等地均有圩田分布。明清时期，由于上中游水土流失的加剧，长江下游沙洲明显增多，出现“沙洲林立”的态势，并且“群洲聚集，填为大陆”，洲渚逐渐连成一片，一步步靠岸接陆，这一变化在皖北沿江最为显著。如清代中期无为州滨江有老洲42处，新洲5处，芦田草地泥沙滩面面积达26万亩以上。[54]光绪《安徽通志·田赋》载，全省芦田白沙泥滩共239.98万亩，后又增加到319.97万亩，主要分布于沿江地带。此外，沿江一带大小湖泊众多，湖区极易遭受水淹，需筑圩堤护田，加上湖淤地大量增加，在人口压力下人们迫切需要开拓土地。因此，在江湖河淤地增加及社会经济发展的要求下，明清时期这一地区圩田的兴筑进入极盛期。

明代皖北沿江一带隶属南直隶，政府对该地区的农业生产颇为重视，圩田不断向湖滩地和滨江滩地发展，原有的圩区继续加修扩筑。如合肥宋代只有圩田36所，明代增至约50所。和州由宋代的数所圩，明前期发展到70余所，明后期又增至143所。和州的铜城堰多次修筑，据《明史·河渠志六》记载，洪武元年（公元1368年）、永乐二年（公元1404年）、宣德八年（公元1433年）、正统十四年（公元1449年）皆有修筑工程。尤以洪武元年的工程量最大，因元末铜城之地成为往来争战之场，“闸毁而堰崩，向之沃土皆化为荒秽之区”。在和州守李相的主持下重新建闸修堰，将以往的木结构闸，“始易以石”，修建成石闸，计用工89 890日，并顺势筑堰埂30余里，内抱72圩，约田30余万亩[55]，通过铜城闸控制蓄泄。永乐二年因“水淹麻、澧二湖田五万余顷”，于是浚河泄水，筑圩埂，起桃花桥，讫含山界，长30里，景泰二年（公元1451年）完工，麻湖涸出圩田31 200余亩，澧湖得圩田17 500余亩。[56]和州除围垦湖田外，还筑圩开垦滨江水滩荒地，如所属含山县明代建杨林大圩，堤长63 400丈，有田13.3万亩。

清代皖北圩田继续扩展，凡浅沼、草荡、江边滩涂可以围垦者，大多辟为圩田。合肥清代已有77圩之多；庐江县明前期有圩田94所，清中叶已达163所；清代巢县有圩85所；舒城有36圩[57]；宿松县清代修围田68所，大部分建于乾嘉之时[58]；和县到清末有圩围150多所，分布在东、南、西、北四乡[55]，说明圩田遍及全县。嘉庆时无为州共有圩434所[59]，道光中增至590所，圩田约占全州农田的80%以上，成为皖北圩田最发达的地区之一。皖北沿江滨湖区其他州县圩田占



耕地面积的比例一般亦在50%以上。所筑圩田面积大小不等，大者有田数千亩，数万亩，乃至一二十万亩。如宿松县的圩田一般只有数十亩，而嘉庆八年（公元1803年）怀宁县修筑的广泰圩，周长70里，“自筑此圩，免水患者二十年”[60]。后经道光六年（公元1826年）、同治九年（公元1870年）等几次增筑扩建，圩堤长达百里，分元、亨、利、贞4大号，建通水石闸5座，圩内农田达28万亩，于是更名为广济圩，“取其所济者广也”[61]。

明清两代，皖北沿江一带圩田大为兴盛，新筑圩围数百所，其中千亩以上的大圩有五六十所，现把明清时期修筑的主要大圩列于下表4-1-1-1。

表4-1-1-1　明清皖北沿江修筑的主要圩田

县　名	圩　名	面积（亩）	修筑时期
庐江	新丰圩	2 700	明代嘉靖
	薛家圩	5 000	明代嘉靖
	东大圩	14 000	明代万历
	同大圩	45 000	清代道光
	沈家圩	2 200	清代道光
	奚大圩	8 000	清代同治
	天井圩	3 500	清代同治
	苏家圩	1 200	清代同治
巢县	武城圩	14 000	清初
	伍家圩	2 000	清初
	贾塘圩	3 600	清初
	黄周圩	8 000	清初
	落城圩	8 000	清初
无为	官　圩	4 200	明
	连城圩	2 700	明
	纪家圩	1 800	明
	西七乡圩	10 400	明
	重和圩	4 000	明
	四洲圩	3 700	清初
和县	官八圩	7 000	明初
	港泊圩	1 900	明初
	李家圩	1 500	明初
	永丰圩	2 300	明嘉靖三十年
	邵长圩	5 000	明代万历



（续表）

县　名	圩　名	面积（亩）	修筑时期
	郑村圩	30 000	明代万历
	后河圩	30 000	明代万历
	永成圩	13 000	清康熙二年
	黄墩圩	1 200	清代乾隆
含山	杨林大圩	133 000	明
	仇家圩	2 400	明代万历
	安丰圩	12 000	清代康熙
来安县	天涧圩	2 100	明初
	董清圩	2 600	明初
	大雅圩	1 200	明初
	黄青圩	1 500	明初
	东广大圩	3 700	明初
	西广大圩	2 700	明初
	北广大圩	1 700	明初
	三城圩	5 100	明初
	江青圩	5 200	明初
	固镇圩	1 900	清初
	范家圩	1 500	清末
怀宁县	镇师圩	18 000	明万历九年
	广泰圩	280 000	清嘉庆八年创建，道光扩
	万金圩	5 000	清代道光
	永丰圩	3 600	清代道光
	太平圩	2 000	清代道光

注：此表出自《安徽通志·水工志稿》上编之四所载民国二十年安徽建设厅调查资料。

乾隆年间韩梦周谈到滁河流域的圩田情况时说："来（安）邑圩田之设，唐以前莫可考，志载始于宋代，至明而益盛。与来安接壤者，其南则滁州、和州、全椒，东南则江浦，东则六合，皆有圩，绵绎罗布五百余里。"[62]说明皖北沿江滨湖地带各州县都有圩田分布。西从宿松、太湖、望江，中经潜山、怀宁皖河两岸地区，桐城菜子湖和沿江地区，庐江、巢县、无为、和州，北到合肥、舒城，东经全



椒、滁县、来安，直至天长，一直绵延至江苏的江浦、六合、江都、泰兴等地。据20世纪30年代初的不完全统计，皖北沿江滨湖16个县共有圩田约500余万亩。

皖北沿江滨湖圩田的特点是类型多样，有江滩河淤圩田、湖沼草荡圩田、河网平原圩田和沙洲圩田等。沿江边河滩地开垦成圩，称为“围”和“圩”。如宿松县南八里的河道，“明河道深广，泥滩多设于水中，清雍乾后，河渐淤涨，滩壅愈高，附近居民于是傍河筑围，开垦田亩”。乾隆五十三年（公元1788年）垦成39圩，定名为“围田庄”[58]。和州、东乡、永盛等三圩，“原系边江草地，潮至尽为水乡”，康熙二年（公元1663年）招佃开垦筑堤成圩，水淹地“尽为沃壤”[55]。湖滩地开垦成圩后，多以“湖”或“湖圩”为名。如潜山县筑有天井湖、横沟湖、赤田湖、孙泊湖等，“诸湖虽名曰湖，其实皆圩田也，有堤有闸”[63]。怀宁县有梅家湖圩、赤湖圩、龙升湖圩等。[61]河网平原筑有水闸控制排灌，建有堰埂防护农田。如和县铜城闸堰，方圆200余里，内包72所圩，有田三十余万亩，“旱则启闸以溉田，涝则闭闸以御水”[55]。沙洲圩田的形成与明清时江中沙洲增涨有关，新涨沙洲稳定后渐生芦苇，此时往往筑岸建圩，进行开荒种稻，名为芦田。如嘉庆《无为州志》卷六记载，当地的芦洲从州江面灰河起，抵裕溪口，“上下几二百余里”。其滨江之芦洲共42所，腹内芦洲共31所。腹内芦洲属老洲，都筑圩开垦成田种稻了。以上这些圩田类型，由于地形、地势、水文和水势状况的不同，圩田工程的规划布置也有所差别，体现了圩田工程的多样性。此外为抗御长江洪水，圩区的治理还与江堤建设紧密结合，这是该地区圩田工程的又一特点。通过圩田建设亦促进了圩田工程技术水平的提高。

四、太湖地区近山坡洼圩田的发展和工程特点

明清时期太湖地区圩田的扩展有一突出的趋势，就是向近山坡洼、河谷平原地区发展。这些地区背山面水，山洪暴发时上受山洪冲击，下受河湖水顶托；雨过天晴，便涓滴不存，“忧旱剧于忧涝”。明以前这些地区开发不够，明清时由于人口的增多，垦殖水工技术的进步，人们在这些地区采用圈围筑堤、开沟撇洪、修筑陂塘、拦洪蓄枯和建闸筑堤的办法进行治理，其堤防均与山丘相连，在一面或三面临水之地筑堤，呈半封闭状。这类水利工程，在苏南地区称作“圩”、“埠”或“坦”，浙西称作“抖”、“坦”、“裹垸”、“大包围”等。因“圩岸围之如斗之状”，故有人认为称这种水利区域为“抖区”更为贴切。[64]在1998年出版的著作《中国基础水利水资源与水环境实务·基础水利卷》中称之为“半圩区”，而将四面环水的圩称为“纯圩区”。

太湖以西地区，在苏南的镇江、丹阳、溧水、金坛、溧阳等地分布有不少近山坡洼地形。明初，洪武二十五年（公元1392年）和洪武二十九年（公元1396年）湖西大旱，“水竭禾槁，谷稼腾贵”，为解决近山坡洼地区的旱涝灾害，人们把平原圩区的水利工程利用过来，并结合整治山洪的水利技术，修建成具有自身特点的“圩”或“埠”。明代中期后，金坛县在近山坡洼处建成建昌圩、都圩、长新埠、杨树圩、大小南北圩等。丹阳、溧阳等地也均有这类工程的修建，其中以建昌圩的面积最大。

建昌圩位于金坛县西北，明景泰六年（公元1455年）以前已建有雏形。正德



十年（公元 1515 年）知县刘天和在原有基础上进行改建，并作《建昌圩记略》[65]，文中记载了此圩的工程布局："金坛北有圩曰建昌，其上流全受茅山、丁闰、艮山诸水，每夏秋霖潦则水泛滥而下，乃环圩筑土为堤以御之，周八十余里。分渚水为二派，南北环堤而流以入于运河。圩之内皆平壤，以亩计者近十万，中为天荒荡，溪流旁达积水以备旱……旧与圩南置闸以司蓄泄，顾近土流水易冲啮，且地高水去不疾，成化间乃移置圩东下流潭头，然闸高则水积不去，田之下者易没，下则水去不流，田之高者易旱，难以两遂，以故随葺随圮。余循行田野而得其故，乃谂于众知闸视旧宜高而广，于是峙桩木甃坚珉傍各为二翼以杀水势，土甓石为桥以通往来，凡四月告成"。后经实测，全圩面积 73800 亩，其中耕地 38800 亩，堤防高程在 6 米以上，地面高程 5 米左右，低的 4 米，利用中部天荒荡蓄水备旱，滞蓄涝水。为了预防山洪，沿圩堤外开有两条截水河道，辟水南入丹金溧漕河，北入洮湖，山水不再注入圩内。开始仅建有一闸以备蓄泄，以后闸数增加，排灌各有专用闸。据民国《金坛县志》卷二水利记载，建昌圩周围建有四闸。东闸，在潭头村；南闸，在排年桥直溪河（即通济河）埂上。此两闸为排水闸，"备大水之年出水者"，圩内积水通过这两座闸可排入丹金溧漕河及洮湖。又西闸，在景庄（今景家庄）；北闸，在新河（今上新河）。此两闸为进水闸，"备大旱之年进水者，"西闸可引茅山诸涧来水，北闸可引江南运河水，用作灌溉水源。

太湖以南地区，浙西的长兴、吴兴、安吉、德清等地分布有较多的低丘坡地和河谷盆地，明代以后也兴修有不少"圩"。如长兴县在明初编造"鱼鳞图册"时，派差官丈量圩圩，查明长兴有圩一个（在平原纯圩区）、圩 758 个（在山丘半圩区）、坦 170 个（在山麓平坦处）（同治《长兴县志》卷一下《乡都》），已将圩、圩区分开来，即将该县北部和东北部濒临太湖，田面高程在 3 米及 3 米以下的平原低洼地圩田区称之为"圩区"，而将中部和东南部滨西苕溪、泗安溪、箬溪的低丘平原和低岗坡地（田面高程 4.5 ~ 10 米）通过修筑围堤等水利工程而成的农田，称之为"圩区"。"圩区"比"圩区"多得多。安吉县境"东南为高，西次之，北为最下"。同治《安吉县志》卷四载全县有圩 40 个，面积共 5.27 余万亩。同治《湖州府志》卷四三记载了该县圩区所处的地理位置、筑圩的原因和工程设施：其西北与长兴县泗安地区比邻的南北湖地区，由于"溪下而田高不能挹注，故凿池以防暵，设圩以防涝，圩即塘塍别名，宽厚崇隆，胜于他邑，盖恐山水骤发，一经冲刷，即有泽国之虞"。圩区内凿池塘蓄水防旱，筑圩岸以防溪水，圩岸相对别处圩岸高厚。为加强"圩区"管理，清末和民国初期，在长兴、安吉、湖州市区南埠乡一带成立有圩民大会、堤董会和堤保等民间管理机构，这有利于搞好圩区的建设和管理工作。发展至今，湖州地区已有大小圩区 262 处，大小包围 38 个，总面积 945.5 平方公里。圩区内水田 56.18 万亩，旱地 8.73 万亩，两者合计，约占全市丘陵地区总面积的 52.55%，圩、圩区总面积的 34.11%，全市水田面积的 33.1%，旱地面积的 39.09%。圩区已占到丘陵面积的一半，圩圩区总面积三分之一以上[64]，故而圩区对当地农业生产起着重要的作用。

圩区（半圩区）的水工格局与平原圩区（纯圩区）有着明显的不同特征，下面是对湖州地区的这两类圩区进行的比较分析：



（一）地域分布和外部形态方面

“圩区”大多位于东部水网平原，田面高程在2.5～3.5米左右，地面高程在4～5米。湖州地区的“圩区”总耕地有124.09万亩，其中3.6米以上的旱地约有41.49万亩，低于3.6米的水田面积有69万亩。“圩区”地处平原水网，四面环水，地形大体比较平坦，呈“大平小不平”的地貌。而抖区一般位于西南低丘和东西苕溪沿岸河谷盆地或低丘坡地，由于“系属山乡，田多高仰，其田面高程一般均在3.6～7米，旱地高程则在7～10米以上，一般无渍害”。湖州地区的“抖区”和“大包围”总耕地面积为64.91万亩。“抖区”外部形态一面傍山，三面临水，或“三面阻山，一臂挡水”，因其形似量米之斗，故名“抖区”，区内大多为高低错落的梯田，地形呈“小平大不平”之状。

（二）地下水位与外河水位方面

平原圩区四面环水，其地下水位常年在0.5米左右，所以需开深沟以排渍水，但外河水位变幅较小，一般在2米以下，圩堤相对矮窄，但堤岸比较长。而抖区傍山临水，地下水位埋深一般在2米以下，基本无渍害。但抖区临河水位暴涨暴落，水均变幅达3～5米以上，所以堤防高度一般较高，但长度短些。

（三）自然灾害及水利工程

圩区四面环水，地处平原低洼地区，故不忧旱，其主要灾害为洪涝渍害，水利工程“需四境筑堤”、“中有河渠，外有门闸”。而抖区地处高阜，“田高不能挹注，故蓄池以防暵，设抖以防涝”。抖区同时要解决旱与涝的灾害，其排涝除需考虑抖区自身产水外，还要考虑山丘区集水面积的来水，故要设陂塘泉堰蓄水灌溉，修筑堤以防涝，沿山开截水沟以泄洪。

可见，太湖地区近山坡洼圩田的发展，使圩田水工类别增加，圩田水工技术又有了新的发展。

第二节　筑圩技术和圩区治理技术的进步

一、筑圩技术进步的社会原因

（一）政府重视圩田的修筑，投入相当多的财力、人力

明清时期长江中下游沿江湖区圩田经济在国民经济中有着举足轻重的地位，所谓“湖广熟，天下足”之谚，即指江汉洞庭平原有大量的商品粮输往各地，因此有“楚中谷米之利，散给海内几遍”的说法。[66]鄱阳湖区的圩田发展也很快，人称“江右产谷，全仗圩田”。虽然实际圩田产粮数量还未达到这样高的程度，但圩田的重要性已日渐提高。又皖北沿江经明清的开发，圩区农田面积达数百万亩，成为江淮有名的产米区。太湖地区素来是国家财富之源，苏、松、常、杭、嘉、湖六府地势低平，水网圩田发达，明清时商品农业更加发达，是国家重要的粮食生产基地和农产品的主要市场。道光七年（公元1827年）江苏道监察御史李鹏奏：“江苏为财赋最重之区，苏松常镇四府加以浙西杭嘉湖三府，周围不及千里，粮赋半于天下，共额漕二百五十余万石，粳米禄糈皆取给焉。其田之所以产米多而岁常丰者，实藉水利之有备以补天时之不齐也。”[67]由于长江中下游圩区社会经济的重要



性，为了战胜洪涝灾害，明清政府都颇为重视圩区建设，国家投入相当多的帑银资助修筑圩田工程，不少地方官员也组织民众大力完善圩田工程，定期进行岁修大修，由此促使圩田工程技术有了进步。

如清康熙五十四年（公元1715年）、五十五年，两湖平原发生水灾，垸堤损坏很多，五十五年（公元1728年）拨官帑六万两助修两湖堤垸（其中湖南2.5万两，湖北3.5万两），两湖平原各县利用此款大力修垸，加高增筑。雍正四五年（公元1726－1727年）水灾更加严重，洞庭湖垸堤溃口共430余处，雍正六年（公元1728年）又拨给两湖官帑六万两，垸区“每堤障加高三尺，加宽五尺，紧厚倍前”[68]。许多堤垸得到了修复、加固和培厚。这两次官帑修筑堤垸所起作用很大，一是建成了湖区的骨干围垸——官垸的规模。官垸圩子面积增大，修筑质量高，防御洪水的能力增强。二是促进了湖区垸堤的全面修筑。由于官垸堤身的加高和加固，民垸为了避免易淹待毙，亦不得不随之加高，这就提高了湖区垸堤的修筑标准。垸内的排灌系统日臻完善。雍正《湖广通志》卷二一载：湘阴“各围垸内出水积水之区，或则有港，或则有塘，或则请建为闸，或则疏通有沟……港则设之涵口，塘则立有刓沟，闸则因时启闭，以资蓄泄，以资灌溉”，使圩子的工程技术水平得到提高。

江西鄱阳湖地区，明代弘治中南昌知府祝瀚主持修建南昌县圩堤64所，新建圩堤41所。其中南昌建成的大有圩，“会役十余万工”，堤长2493丈，捍卫农田三万四千余亩，圩中有艾溪湖、灌湖、官湖、大湖蓄水，在牛尾圬建牛尾石闸一座，石枧六个控制排灌。定有维修管理制度，按亩摊费摊工“列号二十有四，各立圩长，每岁各承各段集夫集费自行培修”。工程修筑讲究，又重视维修制度。史称：“建筑伊始本极周详，以其附郭大圩，官府亦倍尽心，故条理极为详密……邑之治堤工者皆仿诸此。”[69]官府建大圩的技术往往被人们仿效。

太湖地区的不少官员重视修筑圩堤，浚治圩区水利，将此列为自己重要的职责。明前期夏原吉治理太湖水患，除开浚排洪干流外，也重视圩堤的建设。史鉴《吴江水利议》[70]说：“国朝永乐中，治水东南，尚书夏忠靖公创于前，通政使赵君继任于后，无不注意堤防。皆妙选官属，分任诸县。而二公则周爰相度而考课焉。其法常于春初，遍集民夫，每圩先筑样墩一为式，高广各若干尺，然后筑堤如之。”以后嘉靖时江阴知县姚文灏、万历时常熟知县耿橘等亦组织民夫修圩，颇讲究筑圩技术，对筑圩技术进行了系统的总结。

（二）在实践中不断改进技术，总结推广技术经验

圩区因为地势低洼，汛期洪水来势猛烈，圩堤常常被冲而损毁，加上与水争地的加剧，湖面缩小，蓄水面积减少，江湖水位上升，对圩垸的威胁日益严峻。如清代嘉庆年间湖北巡抚汪志伊统计，江汉平原多年积涝的圩子，计荆门州55个、潜江县27个、天门县113个、沔阳州248个、汉川县120个、江陵县165个、监利县192个，共920个，受淹面积可观。水灾发生的频率也不断上升，江汉平原明代约9.2年一次，清代康熙朝为3.2年一次，乾隆朝缩短到2.7年一次，道光朝则1.5年发生一次。[71]太湖地区明清时期水灾平均3.8年一次，旱灾平均7.1年一次，而且大水大旱占水旱总数的比例高达31.1%。[72]这就迫使人们不得不改进筑圩技



术，进行圩区的治理。

如太湖地区明清时兴修的大小水利工程各有一千多次，主要为塘浦圩区的浚河、筑圩、建闸工程。在频繁的圩田水利建设中，筑圩技术和圩田治理技术有了较大的进步，出现了专门总结筑圩技术的专书，以明代姚文灏的《修筑圩坦事宜》、耿橘的《常熟县水利全书》、清代孙峻的《筑圩图说》最为出色，对筑圩技术系统地进行了总结，这些先进的技术还流传到洞庭湖圩区。

二、圩田修筑技术

明清时期广泛围垦江湖浅滩，在实践中人们不断积累圩田修筑技术经验。同时，过分的围垦造成生态环境恶化，洪涝灾害加重，对筑圩技术亦提出了更高的要求。这一时期的圩田工程技术，继续发展"筑堤"、"浚河"、"置闸"三位一体技术，积累了丰富的技术经验，尤以太湖水网圩区的成就最为突出。

（一）圩堤修筑技术和管理经验

圩堤能起外挡洪水、内捍农田的作用，在筑圩技术中最为重要。史称："老农之言曰：'种田先做岸'，盖低田患水，以围岸为存亡。"[73]明代童时明进一步说："低田患水，以围岸为存亡也。有田无岸，与无田同，岸不高厚，与无岸同。"[74]修筑的圩堤必须高厚坚固，才能有效地挡御外水入侵，确保圩田有收。明清时期在圩堤的规格、圩堤施工技术、圩堤养护管理等方面形成了一套技术经验。

1. 圩堤规格。修筑圩堤，多在冬春枯水农闲季节进行，堤高即以枯水位为起算标准。在太湖地区，元代江浙行省已规定了圩堤的具体格式，以便稽查。明清时的圩岸规格要求比元代有所提高。明代姚文灏《修筑圩坦事宜》记载的五等圩岸式："田低于水者底阔一丈五尺；田与水平者底阔一丈四尺；田高于水一尺者，底阔一丈二尺；田高于水二尺者，底阔一丈；田高于水三尺者，底阔九尺。面阔比底各减半。高亦以水为准，外面各离水八尺。若溪湖冲击去处愿增者听。"[75]清代时圩岸规格，据《严作霖条例》规定，除堤岸边坡标准略有提高外，大体与明代相同。明清普遍认为圩堤的高度要比历史最大洪水位高出一尺。明代耿橘说："广询父老，详稽水势，能比往昔大潦之水高出一尺，则永无患矣。"[73]清代《严作霖条例》称："圩身加高尺寸，总照极大水年之水痕，再高一尺，以官尺计。"[76]这样，"虽大潦之年，而围无恙"。现将元、明、清时期太湖地区圩堤规格，列表于下，以便比较。见下页表 4-1-2-1。

圩堤的高度是依据洪枯水位差和地面高程决定的。太湖地区洪枯水位差一般在2米左右，长江中下游沿江其他圩区的洪枯水位差都大于太湖圩区，因此，对圩堤的修筑标准要求更高。如丹阳湖区，汛期江湖水位有时高达12米（吴淞基面）以上，高出圩田田面五六米，故所筑圩堤高大。当涂县大官圩将圩堤分成四等，堤外无风浪冲击者为标工，外临大河者为次凶工，外临湖面者为凶工，外临湖面而风浪极大者为极凶工。依堤工险平规定不同的修筑标准，极凶工"埂高一丈五尺，底宽七丈"；次凶工"埂高一丈二尺，底宽五六丈"。江汉、洞庭平原、鄱阳湖区、皖北沿江圩堤的高度一般也在1～2丈之间。两湖平原规定其超高，"以高出上年水痕三尺为度，如河面过宽，浪涌必高，更须高出水痕四五尺不等；又在相势加修堤面帮宽须以一丈为准，铺脚须较堤身陡高丈尺，按二五收分撑帮"[77]。



表4-1-2-1　　元、明、清太湖地区圩堤规格　　单位：尺

朝代	堤　等	顶宽	基宽	堤高	边坡	资料来源
元	一等田与水平	5.0	10.0	7.5	1:0.33	崇祯《松江府志》
	二等田高水1尺	4.5	9.0	6.5	1:0.34	
	三等田高水2尺	4.0	8.0	5.5	1:0.36	
	四等田高水3尺	3.5	7.0	4.5	1:0.38	
	五等田高水4尺	3.0	6.0	3.0	1:0.50	
明	一等田低于水	7.5	15.0	高于水8尺		嘉靖《江阴县志》载姚文灏《修筑圩坦事宜》
	二等田与水平	7.0	14.0	8.0	1:0.44	
	三等田高水1尺	6.0	12.0	7.0	1:0.43	
	四等田高水2尺	5.0	10.0	6.0	1:0.42	
	五等田高水3尺	4.5	9.0	5.0	1:0.45	
清	一等	6.0	15.0	8.0	1:0.56	《吴江水考增辑》卷二引录《严作霖条例》
	二等	5.0	14.0	7.0	1:0.64	
	三等	5.0	12.0	6.0	1:0.58	
	四等	4.0	10.0	5.0	1:0.60	

太湖地区的圩堤规格边坡都很陡，未达1:1的坡度。这是因当地土质黏重，凝聚力大，渗漏性小，又苦于缺土，故而采用陡坡。为保证低洼处正岸的稳定，及防止渗水破坏堤岸，又创造了在正岸之旁修筑“子岸”的方法。子岸又称“副岸”、“畔岸”、“抵水岸”，俗名“畹塌”。一般帮筑在地势洼下或濒临湖荡的正岸背水坡，也有筑在临水坡的，或两侧都培筑。其高度低于正岸，但顶、基都较正岸为宽。姚文灏《修筑圩坦事宜》中说：“低圩岸内再帮子岸一条，高及（正岸）一半，如阶梯之状，老农谓之抵水岸。”耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》对子岸的作用和修筑要求说得更明确：“子岸者，围岸之辅也，较围岸又卑一二尺，盖虑外围水浸易坏，故内作此以固其防。筑法与围岸同脚而异顶。如围岸顶阔六尺，子岸须顶阔八尺，方为坚固，其脚基总阔二丈，须一齐筑起为妙。”清代孙峻在《筑圩图说》中进一步阐述了修筑子岸的好处。他说：“低区所珍惜者泥土，下塘围、抢（圩中分隔堤）诸岸通体高厚，泥土莫给，畔岸事半功倍，易于措手。抑且高阔之岸，岸址必松，松则衅泄，戽救不效；畔岸卑下，人众践踏，牛羊蹂躏，故得岸址坚实，无衅水渗漏之虑。”他提出不仅圩堤要帮筑子岸，圩内起分隔作用的抢岸，也要加筑畔岸。谓：“在高下相邻之处，亦须筑畔，庶免高水衅泄。”筑子岸的好处是很多的，一是能延长渗径，减少背水坡静水压力，防止渗透破坏，并减少渗水，使戽救的水量减少。二是节省土料，缓解水乡取土的困难。三是保护圩堤根牢底固，增加圩堤的稳定性，不易坍塌。四是子岸长草，既护坡又利于牧牛。圩堤用正岸与子岸结合这种形式，其设计是很科学的。

此外，圩堤上“俱要砌内外车场高低水洞，不得因车水、放水辄便掘岸”[78]。即预先筑好安放水车场所和泄水涵洞，不能临时挖岸。

2. 圩堤施工技术。包括土料来源、筑堤土质、修筑方法等方面。



土料来源。因低乡土料匮乏，明清时提出了多种解决的途径。一是开河取土，在圩内外深挖河沟取土筑岸。二是疏浚河滨淤浅者，筑坝戽干水，挖土筑岸。三是开挖荒田取土。有老荒田，或新荒田，或年远废基遗址，不便耕种者，查议确实，听民采土筑岸。四是从茭芦草荡取土，免其荡税。五是于圩内农田中开临时沟取土。但需离圩堤脚二丈之外，所开沟广而不深，最深不超过二尺。取土的沟，可均取田面之土，兼罱外河河泥，一年内务必填平。六是鱼鳞取土法。即在四面上四散挑土，方一尺，取一锹，四散掘之，如鱼鳞相似，俗呼抽田肋，事后罱河泥填补。[79]

筑堤土质。圩区很注意选用筑堤的土质。如明代耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》提到有三种土不宜用来筑堤：乌山土"凑理疏而透水，以之筑岸易高，以之障水不密"；灰罗土"其色如灰，握之不成团，浸之则漫漶，无论障水不能，即杵之亦不必坚矣"；竖门土"其性不横而直，其脉自于水底贯穿，围岸虽固，水却从田底溢出，欲围而救之无益也"。这三种土压实性差，或基面易透水。解决的方法是：须从堤脚先掘成深三尺的沟，用潮泥，或取别境白土实之，再用本土向上筑堤。这实际上是在堤中作黏土心墙防渗，以增加堤的稳定性。

筑堤方法。明代耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》有具体的记述："凡筑岸，先实其底。下脚不实，则上身不坚。务要十倍工夫，坚筑下脚。"要求堤岸基础密实稳固。修筑堤身要渐次分层夯筑累高，"加土一层，又筑一层，杵捣其面，棍鞭其旁，必锥之不入，然后为实筑也"。如岸高一丈，其下五尺，分作十次加土，每加五寸，夯一次；上面五尺，作五次加土，每加一尺，夯一次。筑堤非常考究，为的是将堤筑得十分结实。明代有歌谣说："教尔筑岸塍，筑得坚如城，莫作浮土堆，转眼都倾颓。"[75]对于地势洼下，要从水中筑起的圩堤，因无基础，又两水相夹，易于浸倒，"须用木桩，甚则用竹笆，又甚则用石磩，方可成功"[79]。如明代成化十一年（公元 1475 年）筑常熟赵段圩堤，因赵段圩靠尚湖西北，尤洼下，水势湍激，岸善崩。于是，"用木为橛，橛之内编以竹，甃石为址，而高与土等。上广八尺，而下加三之一，固基本也"。所筑堤"延亘数里，丈一千有奇"[80]。堤基础用石砌，又打入木桩，桩与桩之间编竹笆，再装入土，向上垒高。遇到大填方的难段，还采用间歇筑法。明末陈瑚《筑围说》讲到："蔡泾一带难段，难于一次完工，须先筑一次，完后即筑南边易段，易段完后，再加筑难段一次，庶为坚牢。"间歇施工，俟有一定沉陷后再加筑的方法，是符合科学的。

又江汉平原创造了在有淤土地方筑堤的方法，称为"溜矬工"。《楚北水利堤防纪要》卷二称："淤土地方创筑新堤……用沙填底，沙性发溦，则不能溜。无沙处购用芦柴探试，淤深五尺则柴亦用五尺厚，追压到老土，亦不能溜矣。惟柴烂时又有蛰动，仍须加修，有用桩木钉护，内加戗桩，方能不至倾倒，并于溜处脚下做一土台压抵更妥。"

3. 圩堤养护管理。圩区普遍建有群众性的管理机构和管理制度。明代设有圩长（或称圩甲），大圩设多名，小圩若干所设一名，每区设有塘长，平时，"塘长圩长沿堤分岸，纠察巡警。岸之漏者塞，疏者实，冲者捍，坍者缮，低者崇，隘者培"[81]。还提出维修堤的方法："水涨则专增其里，土不狼藉；水涸则兼筑其外，



岸方坚固。”[82]每年冬春农隙季节按规定堤式进行全面维修，称之为岁修。太湖地区明代岁修派工采用两种方法。一种方法：“不论有田多寡，以田头阔狭为则。”如田头阔五丈者即修岸五丈，阔十丈者即修岸十丈。“圩心田户若有径塍者自修径塍，无径塍者与众同修逃户（田头）及沟头岸”。另一种方法：“不论田头阔狭，但论有田多寡，照田出人，照人分岸，一总修筑亦可。”[78]排年、粮耆、县府治农官层层负责监督维修。湖北江汉平原清代制定有“岁修堤堘条规”十五条，规定筑堤技术要求、派夫的办法、养护堤的要求等。[83]平时正岸堤面为路，通人行。子岸面宽，闲而无用，可种庄稼，但不能损坏堤岸，带走泥土。明代史鉴说：“许其种蓝而不许种豆，盖种蓝必增土，久而日高，种豆则土随根去，久而日低。”[84]耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》也说：“盖蓝之为物，必增土以培其根，愈培愈高。种蓝三年，岸高尺许。”

圩堤最大的威胁是风浪破坏。因圩区湖荡相连，临河面江，汛期风涛汹涌，对圩堤破坏甚大，需要做好护坡工作。明清时期积累了不少护坡技术经验：一是植物护坡。在堤坡上种草，使草根盘结固堤。《芙蓉圩修堤录》称新筑圩“全赖草根蟠结，年久不致坍颓”。冬春修圩时，如临水坡无崩坍现象，一般不再增补，免伤草皮。有歌谣说：“修圩莫修外，留得草根在，草积土自坚，不怕风浪喧。”[75]还要求在堤脚外的浅滩种植茭、芦、菱等水生植物，以削弱风浪对圩堤的破坏。沈啓《吴江水考·堤水岸式》称环圩植以茭芦，谓之“护岸”。《常熟县水利全书·大兴水利申》载：“正岸外址，令民时葑，或种菱其上。盖菱与葑，其苗皆可御浪，使岸不受啮。况菱实可啖，葑苗可薪，又其下皆可藏鱼。利之所出，民必惜之。岸不期守，自无虞矣。”二是砌石护坡。在遭河湖风浪顶冲之处，于圩堤外坡甃以石块，称之“挡浪”。[85]三是修筑防浪戗台，植杨柳杀浪。面临湖荡、大江大河的圩岸，汛期受高水位威胁，加以水面宽广，风浪险恶，为了防止圩岸崩塌，除一般护堤措施以外，还常在堤的迎水面筑外戗防浪。外戗俗称“二台子”，做法是：“岸外再筑圩岸一层，高止一半，如阶梯之状，岸上遍插水杨，圩外杂植茭芦，以防风浪冲击。”[86]丹阳湖畔的大公圩东埂，清代中叶筑品字墩挡浪，其做法：“土墩宽阔数亩许，叁伍杂错如品字形，上植柳芦，下浚鱼池，虽有潴涨至此，歧分纵通，驶流不能冲突，一举而三善。”[87]还有“于圩外一二丈许，列栅作埂，植茭种杨，谓之外护”（沈啓《吴江水考》卷二）。见图4－1－2－2。乾隆十二年（公元1747

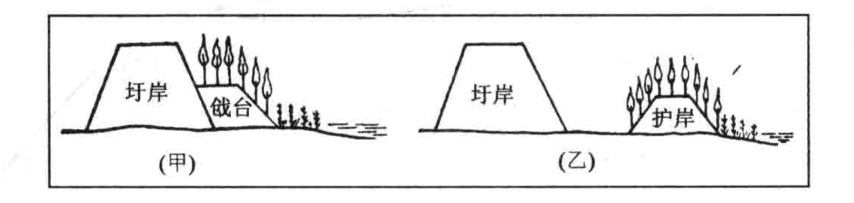


图4－1－2－2　防浪戗台及护岸示意图

年）湖南巡抚杨锡绂曾勘查洞庭湖圩区，“查年久旧垸，有种柳以挡风浪者，即坚厚无损，未种者即不免单薄”[88]。又乾隆二十年湖南巡抚陈宏谋在《饬行筑堤利弊八条》中说：“沿堤坦坡以外，多栽卧柳以挡风浪。其栽柳之法只需砍取粗大柳



枝横埋入土，以深一尺四五寸为度，交春发生丛茂，最于堤工有益。如土性不宜种柳，即多栽苇荻以护堤根。"[89]安徽沿江圩区，宋代已在芜湖、当涂圩堤"濒水一岸种植榆柳，足捍风涛"[90]。明清时期继续保持这一传统技术。清代皖北的望江县在雷池江堤上"栽柳万株"[91]。乾隆十九年太湖县在北堤也植柳万株，名"万柳堤"[92]。圩堤外滩种植柳树，防浪杀浪的效果显著。

当圩堤出现渗水、漏洞、决口，及堤内田中有如泉水涌出时，则需要补漏。明清时也积累了一些经验。关于堤身渗水严重时的对策，明代何宜《水利策略》[93]说："围岸四畔，或土脉虚浮，外水渗入，昼虽车干，夜复涨溢者，宜于岸塍中心开掘一槽，深及外河之底，随篙河泥填及一半，俟其稍干，用杵筑令坚实，又复篙泥筑满，则水无自入矣"。采用抽槽换土、筑防渗心墙的方法，以防止渗漏，此法要注意选用黏土，回填土必须夯实。同时指出，"又有围岸因鳅鳝窟穴，或树根朽烂，遂成漏洞者，亦依前法筑之"。又堤身或堤脚田中有獾洞、鼠穴或鳝窟形成较大的漏水洞，修补之法："先将漏处开掘，深六尺，至磉底为度，广三四尺，小漏用牛粪，大漏用石灰，俱以土泥和匀，塞于漏处。"以杀死洞中隐藏的动物。还土时，"将土泥填高一尺，用木桩舂实，以一尺为一层，渐次层筑，舂极坚实，与老岸平"[94]。在靠近堤内脚的农田，有的成土母质不良，土壤有裂隙，外水高涨时渗入堤内的水从缝隙中汇聚而出，"若田中有泉水为害者"。嘉兴北部低洼处腐殖土水田就有这种现象，群众叫做"田底漏"，不加治理会扩大危及堤身安全。何宜《水利策略》记载了整治的方法，"可用砖灰围砌泉口，如井栏样，则泉不能漫散矣"，所筑围井高度要超出外水位。又法："将泉口掘作深坎，用大缸覆之，都以泥土围筑缸上，而泉亦不能出矣。"[93]

圩堤出现决口，需要紧急堵塞。明清时已将黄河捲埽法用于堵塞圩堤决口。明代万恭《塞黄泥、双坑等决口记略》载：万历十四年（公元 1586 年）夏大水，南昌余家塘、黄泥、双坑三圩破圩，因地基为沙壤，不能用石堵筑，遂采用"黄河捲埽法"："以草小绠密布于下，置板焉，覆以草茵，内实以土，先以巨绠贯小绠之外堤，人拽巨绠则平舒席捲而坠诸决中，视畚杵劳一而功十者也。"[95]

（二）开河方法和河道管理

1. 开河方法包括河网规划、浚河的施工组织和施工技术等。

（1）河网规划。为满足圩田灌溉、排水和运输等需要，圩内外要形成互相贯通的河网。内河网的布置，明代沈啓《吴江水考·水治考下》称，圩内如不配置河渠，成为大片实心田，"旱涝俱病，车戽苦之，议者每欲从中开渠辟洫，或十字或廿字，随圩大小为之，以为通水均水之计"，阐述了圩内开河渠的重要性。耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》中提出了"相度地势"、"因地制宜"的原则规划圩内河道，"或开十字河，或丁字、一字、月样、弓样等河，小者一道，大者数道"，使圩内形成河道系统，便于引、蓄、灌、排。开河与修筑分隔圩内高低田的戗岸同时进行，利用挖河取土，就地修造戗堤，一举两得。外河网的布置，以太湖圩区河网规划得最为整齐。早在唐、五代之际已形成了"五里七里一纵浦，七里十里一横塘"的布局，水流畅通，能引能排，使圩田常获丰熟。为保持圩内外河道畅通，需要经常进行疏浚治理。

（2）浚河的施工组织。浚河中有大量的组织工作，如民工组织、分土方工段、验收工程等。耿橘《常熟县水利全书》有较详的记载：

关于民工组织。当时采用自下而上，由小及大逐级组织。每工段长百丈，设百长一名；长千丈，设千长一名。千长催百丈，百丈催小夫，水利官专督千百丈，县官经常亲诣稽查。

分土方工段。首先要算好土方量，当时以水面为准算开挖深度，这样挖出来的河段河底是平的，水流能顺利流通。河中有水，以河水面为准算开挖深度，深浅相差一尺，则划为一段；河中无水，要打水线，即在河中心开深广各三尺，或二尺的小沟，使水能彻头彻尾，一脉通流。算出水面上土的高度，水面下开挖的尺寸都相同，然后算出此河总开挖土方量①。按两旁受利的田亩数，派夫多少名，定每夫应该完成的土方量，按土方量分好工段，再参照夫役道里的远近，土性坚松的不同，河岸的险夷高低，计算好各工段的长度，一一注明于比工簿（规定一夫按质按时完成工程量的工单簿）内，并印发给各千百长，照簿打好“夫桩”，桩上书桩号，某千长、某百长领某夫，浚长若干。这样工程明确，夫役均平，能避免纷争，河流才能开得平顺。

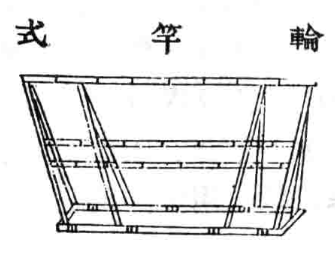


图4-1-2-3　轮竿式图
（采自《农政全书》）

验收。开河要重视验收工作，明代称为“考工法”。耿橘说：“廉能矣，省视矣，赏罚矣，继续（赏罚）矣，而无考验之法，与不廉能，不省视，不赏罚，不继续同。”只有经过认真的检查验收，才能确保工程质量，赏罚才能分明。当时订有一套具体的验收方法。开工前要在每一河段打入样桩和信桩。样桩也称水平桩，用木橛刻画应浚尺寸，钉入河心，与水面平（或与水线的水面平）。信桩，将二木橛书明号段，直对样桩钉入两岸老土，深与岸平，再用直丈竿和丈簟（繂索）各一条，量样桩以上与河岸的垂直高度，称为虚河尺寸，以下才算实工。再按照渠道断面面、腹、底尺寸，作成有三条横竿的木轮车。见图4-1-2-3。查工时，先看夫桩，知开挖长度；据样桩信桩，拽簟竖竿，得开挖深度；再沿河推运三竿轮车，验其开挖之阔狭。等完工时，复打水线以验之，有淤滞处，令复开浚。如果水深打水线不便，则在放水之后，用木鹅沿河验核。木鹅是用直木一条，长与河深平，铁裹其下端。“随浚过尺寸处，拴系长绳，两岸拽之，直立水中，循水面而进，遇鹅仆处，则土高水浅处也。”再令捞泥浚深，必须做到木鹅通行无滞，才能算完成工程。根据任务完成的好坏，进行赏罚。

（3）浚河的施工技术。明清时期在浚河的技术思想方面体现了“深”、“平”、“全”的原则。

“深”，指河浦深阔，能排能引。太湖圩区早在宋代郏亶已提出“高圩深浦”的治水主张，并把深浦作为实现“高圩”的手段。明代金藻说：“开沟无他法，惟在深广而已。开河之法：疾流搔乘，缓流捞煎，污泥盘吊，平陆开挑。开江之法与

① 耿橘计算土方量只是大体正确，徐光启在《农政全书》卷一五中有纠正。



开河同。”[96]清代沈德潜《元和（县）水利议》[97]说：“开河之法，循古人之遗意，或五里、七里而为纵浦，或七里、十里而为横塘。塘浦阔者二十余丈，狭者十余丈，深者一二丈，浅者几及一丈。即开浚之土，筑为堤岸，塘浦日以阔深，堤岸日以高厚。”

“平”，指河底平整，行水畅通。耿橘《常熟县水利全书》认为：“均（浚）是河也，中间不无淤塞深浅之殊，地形亦有高下凹凸之异。……宋臣郏侨云：‘以地面为丈尺，不以水面为丈尺，不问高下，匀其浅深，欲水之东注，必不可得。’须于勘河之时，先行分段编号。”故而规定开浚河道一定要以水面为标准，这样“河形为至平也”。徐光启《农政全书》卷一四说：因河底深浅不同，如一律浚深几尺，会造成“深者愈深，浅者仍浅，水走不顺，极易填淤”的后果。提出对于内河长流水，消长不易，可随流测量，测得河道深浅。而通潮河港，因每日有涨有落，时刻不同，深浅互异，应采取“用众测水”法。先将河划分为若干段，立桩编号，每桩派兵夫一名，各带木棍一根、小刀一把，队长另带大枪，约定“潮退将涸未涨时”，鸣枪为号，各段同时在河段中心将木棍量定水痕，用刀刻记，然后汇总编成号簿，确定应加深的尺寸。

“全”，指干、支河道普遍开浚，既重视大河的治理，也不忽视圩区水网的浚治。耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》指出：“盖河有支干，譬之树焉。千百枝皆附一干而生，是干为重点。然敷叶开花结子，功在于枝，不可忽也。……若浚干河而不浚枝河，则枝河反高，水势难以逆上，而干河两旁所及有限，支河所经之田，反成荒弃，即干河之水，又焉用之。”清代蔡澍提出不仅要求干支并浚，同时要疏浚小沟小浍。他说：“灌溉所藉，不仅干支两河，支河之中，更有偏渠仄港，虽属沟浍，附近之田，待泽至亟，若只浚支河，不治小浍，则内地反高，外河虽通，终成阻滞。”所以“务使内外大小脉络，节节深通”[98]。要求全面疏浚，以纲带网，充分发挥河网的作用。

开河的横断面。开挖河道的横断面以什么形式和规格为好，明、清时作了总结。耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》说：“仰月形面阔五丈，腹阔四丈三尺，底阔三丈，可以满载水而经久；若止用面底二阔，斜坡而下，是曰斧形，易于倾圮矣；若上下同阔，是曰筐形，更易圮矣。”认为仰月形最好，仰月形河道断面上面坡度稍缓，不易坍塌，比斧形和筐形横断面好，这一见解是合理的。又林应训认为：“开沟洫，不论旧时疏通与否，其阔即以两旁老岸为主，其深务以一丈二尺为率。若相地宜，应加深阔者听，决不许减少前数。”[99]开浚时在老岸的基础上加深，或再加阔。

浚河时河道排水技术。疏浚河道，首先要排除施工河段的积水。施工一般在少雨的冬季进行，可在开浚河道的上游筑坝，“先坝截一带来水，以塞其源”，不让外水侵入工段；然后再在下游筑坝，把余水车戽出去。如疏浚的河段很长，则用分段筑坝排水，分期施工的方法。清代蔡澍《开浚事宜》称：“假如河长五十里，当分十段，每段筑坝，并先开一段为样河，次戽第二段水，以次而开。盖防骤雨淫溢，致重戽五十里之水也。”[98]耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》提出“由干及支”更迭排水和施工的方法。步骤是：浚干河时，干河水全部放入支河，在干



河竣工时，将各支河水全部收入干河，此时支河高，干河低，放水容易，“不过一决之力”；放毕于各支河口筑小坝，俟小坝成，然后决干河中大坝，将湖水放入干河。如先放湖水，干河中水位突然涨高，支河水不能直接放入，“必假车戽，劳费巨矣”。河道开成后，所筑坝在水中不易全部挖去，造成阻水，民间有简单的方法给以解决。吴地流传的“开坝歌”谓：“开河容易坝难通，我有良方不费工，坝里挖潭宽似坝，却疏余土入其中。”[100]

浚河时堆土的方法。浚河堆土也需讲究，如在“近便岸上抛土”，“一遇天雨淋漓，此土随水流入河心，倏挑倏塞，徒费钱粮，徒劳夫工”。耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》提出了四种解决的方法：一是在河岸平坦的地方，“务令远挑二十步之外，照鱼鳞法层层散堆”。二是在堤岸高出田上的地方，“即挑土岸内相帮，以固子岸亦可”。三是在堤岸有坍圮之处，“即宜挑土补塞，筑成高岸，挑成一层，坚筑一番，层层而上，岸必坚牢”。要随堆随筑，不可暂且堆置，贻害河道。四是田中有溇荡，或原来因取土使田深陷处，“即用河土填平”。

2. 河道的管理。开浚好河道之后，还要加强管理，保持河道行水流畅，重要的工作是要减少河道淤积，做好防淤管理，这样才能保持河道长久通畅。明清时采取的河道管理措施主要有以下几方面：

（1）禁止在河岸临水坡上种植庄稼。河堤外坡上种植庄稼，松土顺坡滑下，淤塞河道严重。明代姚文灏《修筑圩坦事宜》规定：“河岸临水二三丈间，不许人翻耕种莳，以致浮土下河。”[100]明清时期，各地圩田管理多有此项禁令。

（2）禁止围垦滨河滩地。盲目围垦江河湖荡现象明清时甚为严重。明代颜如瓌言太湖水利时说：“各处江湖泖荡浦塘泾渎通泄水利去处，多被大户强占或朦胧告官起科承佃。”[101]明代嘉定县吴淞江北岸滋生草蔓，居民将其开垦成田，使江水壅塞。正统五年（公元1440年）巡抚周忱亲至其地，督民开挑。[102]又史称“汉水自襄阳至汉阳，皆走平原，溢为潜沔”。清代江汉平原“百姓生齿日繁，圩垸日多，凡蓄水之地，尽成田庐，只留一线江身，两岸筑土堤束之。当筑堤时，不善相度，紧逼水涯，不留尺寸地以予水，故水与堤日相切摩……是以荆、襄、安、汉诸府，无年不有水患”[103]。为此多次下令禁围。

（3）不得轻易筑塞水道。水网圩区保持大、中、小各级河道的畅通至关重要。然有为了交通之便，又惧怕修桥，产生随便填塞河道的现象。明代姚文灏《修筑圩垣事宜》中指出：“近时河道大半塞，官府惮于修桥，则筑塞沿塘河口；百姓懒于修圩，则筑塞通水沟头，小利大害，上下不知，必须渐次开通。”一些石桥断面太小，阻塞水流的现象严重。明代林文沛指出此弊病时说：“为河之患者，无如石桥，洞圆者，塞河道五分之二，洞方者塞河道五分之三。”（《太湖备考》卷三）于是有人提出依古人的办法修建木桥，使宣泄快便，不得辄造石桥。

（4）禁止河道中插立鱼簖和栽种茭芦阻水。河中设置的鱼簖（插在河水里捕鱼、蟹用的竹栅栏）阻水严重。明代朱集璜说：“鱼簖阻绝水利，害甚烈，帘能织水使不流，且其下植帘欲固，必坟土高尺，日积沙，水不能刷沙，虽求不淤，其势不得。抑又甚焉，水不动驶，因生积草，积草不除，河流变土。”[104]如果在河道狭窄处及通水要道处栽种茭芦，就会起阻水积泥的作用，造成严重的危害。明代嘉靖



时周凤鸣说："濒江濒湖去处，风浪险恶，因种护堤茭芦以防坍塌，本为障水。迩来豪右假以护堤为名，不分河港宽狭，辄种茭蒲、芦苇，占为菱荡、莲荡。"[105]万历时林应训说："访得各乡水利，原自疏通。近多豪家，适己自便，于上流要害，广种茭菱，稍有淤垫，即谋佃为田。所司不察，轻付执照。"[99]清代太湖地区因在河道大种茭芦、广置鱼簖获利，危害匪浅，于是多次张贴禁止茭芦、鱼簖告示。乾隆二十八年（公元1763年）告示中说："严谕各该县，凡有茭芦苇荻，大小鱼簖，务必芟除净尽，根株悉拔……必不使稍有遗留，以滋蔓延阻遏之害。其田边脚割务必开切净尽，各以老岸为额。其间实有碍于水道之处，即使报升年久，种植成田，亦必开挑，使其畅流无阻。"[106]道光四年（公元1824年）又下谕："严立科条，禁止栽种茭芦及绝除插簖壅积泥淤等弊"，对刁难铲除荡田者严拿惩办。[107]这些措施都是为了保持河道水流的通畅。

（三）涵闸的设置和工程技术

1. 圩区涵闸的设置地点。一是设于圩内外河沟联结处，这样旱则开闸引外河水灌溉，涝则闭闸拒外水侵入。明代耿橘《常熟县水利全书·大兴水利申》说：圩内开河渠直通到圩岸，"于河口要处，建闸一座或数座。旱涝有救，高下俱熟，乃称美田"。光绪《华容县志》卷二《修筑堤垸制度》载："疏泄宜广，其要在开剅口，垸内先开沟渎引水就剅（涵洞），垸外广疏河道。抽剅放水，石剅为上，水剅次之，剅口宜深，渍水乃得尽泄。"二是设于圩内高低田交界处河口，以便分区分级控制蓄泄（详见"圩区治理技术"）。三是设于水网圩区地势高低差别处，使高地低田水流得到人工控制，避免不利影响。这一措施太湖平原早在宋代已经采用（见郏亶《吴门水利书》）。四是设于圩区河流入江入海处。如太湖地区宋元时已在通江通海港浦建防潮闸，挡潮御咸，防沙减淤，控制蓄泄。宋代范仲淹说："新导之河，必设诸闸，常时扃之，以御来潮，沙不能塞也。每春理其闸外，工减数倍。旱岁亦扃之，驻水溉田，可救熯涸之灾；涝岁则启之，疏积水之患。"[108]明代吕光洵在《修水利以保财赋重地疏》[109]中说："河浦之水，皆自平原流入江海，水漫而潮急，沙随浪涌，其势易淤，不数年，即沮洳成陆。岁修之，则不胜其费。昔人权其便宜，去江海十余里或七八里，夹流而为闸。平时随潮启闭，以御淤沙。岁旱则闭而不启，以蓄其流；岁涝，则启而不闭，以泄其流。"

2. 涵闸工程技术的进步。明清时闸门的规模和工程结构方面比前代有所进步。水网圩区在大的河道上常建有石闸，结构可以太湖地区江阴县南闸（蔡泾闸）为例。南闸建在夏港入江处，明代正统元年（公元1436年）重建，闸上拱桥系万历年间建。[110]闸壁的底部打有杉木桩，闸底安设枕木，闸室用条石砌筑，1:3 灰浆嵌缝，闸孔宽达7米。1937年又重建，绘有结构图。见下页图4-1-2-4。

明清时在浏河、吴淞江上皆建有闸。清代康熙十年（公元1671年），马祐督建两河闸座时，恐闸门被潮往来冲击，不能经久，倡议各于"闸旁四角修筑，以图永远"[111]。重视修建翼墙等工程，以引导水流，及起挡土、防冲和防渗的作用。见下页图4-1-2-5。

又安徽和县铜城闸，明初改建时易木为石，闸高2.2丈，广1.8丈，长20丈。"闸之两端叠石为台以御迅湍"。砌有石翼墙。还补筑堤堰700多尺。闸具有相当



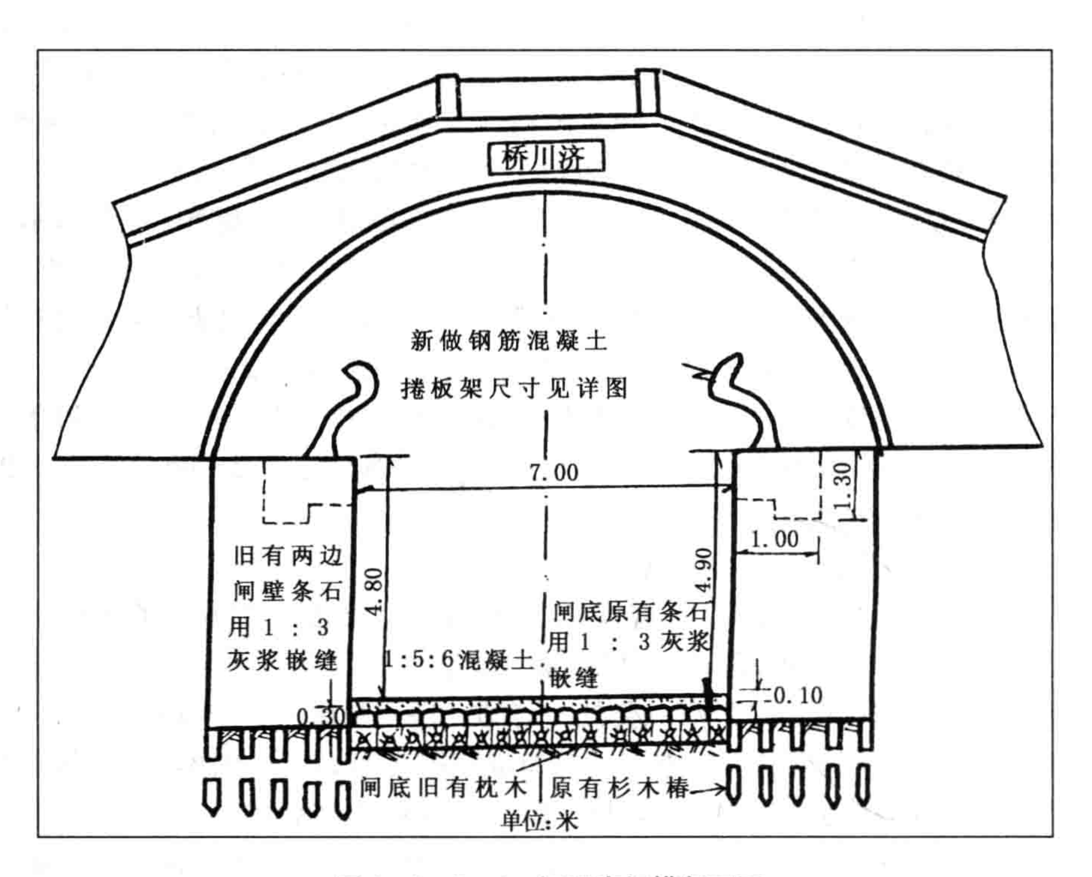


图4－1－2－4　江阴南闸横断面图

（采自江苏省《建设月刊》第四卷第八期）

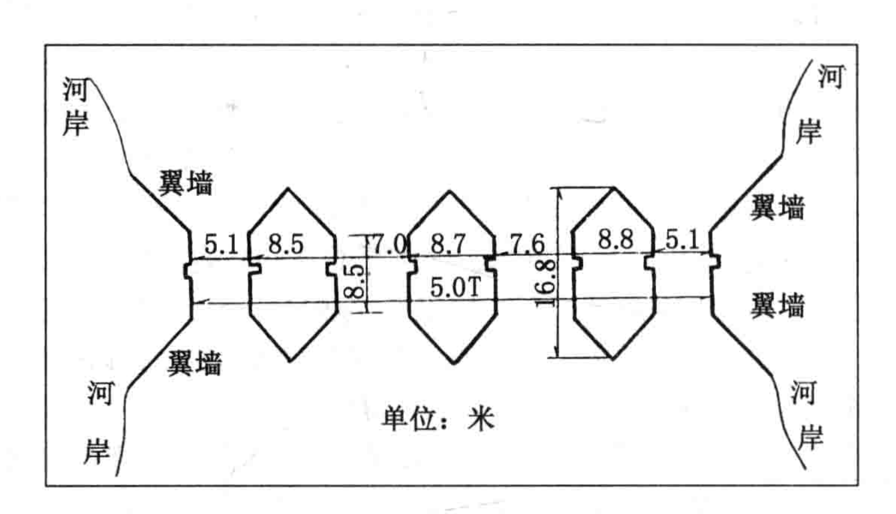


图4－1－2－5　浏河镇天妃闸平面图

（采自1928年6月《太湖流域水利》季刊一卷第八期）

的规模，“自远而望之，殆犹坚城隐隐，矗起于云际”。清代乾隆三十六年（公元1771年）又进行大修，“其丈尺规模如旧，上加石三层，视旧高三尺有奇。其拣料务慎……凡两石相合，则以铁锭锔之。其筑土用半灰，其石隙灌米浆”[112]。在施工材料、施工技术上有明显进步。这次大修后，一直使用到民国时期，经受过1931年大水的考验而无恙，说明当年施工质量是很高的。见下页图4－1－2－6。

从上可知，明清时期圩区积累了丰富的筑圩技术经验，这些技术措施的特点是实用性强，因地制宜，简便易行，群众易掌握，故在圩区建设中发挥了很大的



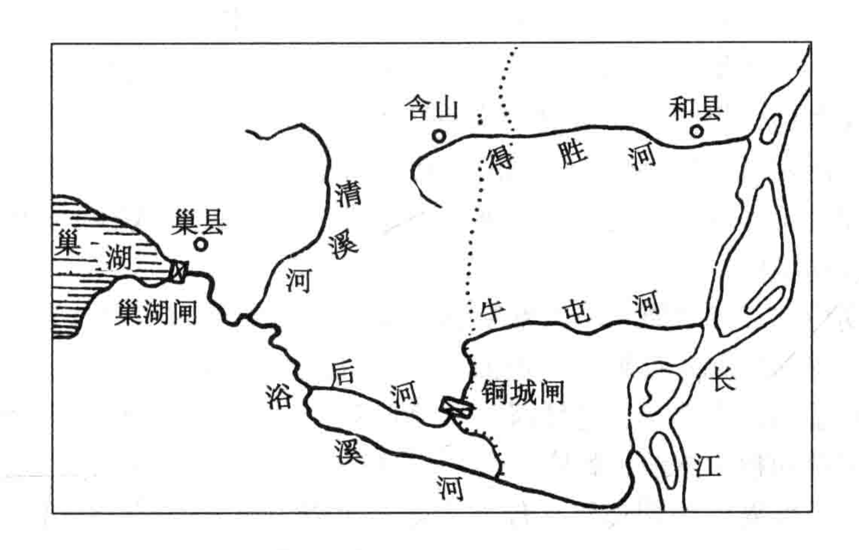


图4-1-2-6　铜城闸地理位置图

作用。

三、圩区治理技术

明清时期，由于山地的普遍开垦，水土流失不断加剧，遂使长江中下游沿江滨湖地区淤滩洲渚不断出露，为占江围湖、开拓耕地创造了条件。江汉洞庭湖区、鄱阳湖区及皖北沿江一带此时期圩田皆急剧增加。这些迅速发展的圩区为了防御大江大湖汛期的洪水，以及解决圩内排涝和灌溉问题，不断对圩区水利进行整治，太湖地区和丹阳湖区是老水网圩区，明清时期治理活动频繁，更加讲究圩区治理技术，取得了显著的技术成就。

由于各圩区的地势、水势以及围垦状况和利益关系的不同，各个圩区的治理工作既具有普遍性，又有其特殊性，治理颇为复杂艰巨。

(一) 江汉洞庭平原圩区的治理

江汉平原在明代嘉靖以后圩田迅速发展，荆江和汉江下游穴口大量堵塞。元代时称荆江有“九穴十三口”[113]，洪水由穴口向南北分流，到明代嘉靖初北岸最后的一个穴口郝穴被堵塞。[114]汉水下游原来称有“九口”（实有铁牛埂、狮子口、小河口等20余口），“汉水得有所分泄，以杀其势”[115]，嘉靖年间也大多堵塞。这就为围垦低洼湖区和河滩地创造了条件。圩田的大量增加，又对圩田的生命线——堤防提出了更高的要求。低洼湖荡本来是蓄水之地，被围垦成垸后，老垸的排涝产生了问题，河滩地围垦后也使排水受阻，加上江、汉汛期水位高于圩田，平原内涝灾患日益严重。为防御洪水，治理内涝，地方政府采取了“修决堤，浚淤河，开穴口”之策[116]。三策中尤其重视修护堤防。由于江汉堤防是第一道防线，其次才是圩田堤岸，而有的圩田堤岸本身就是江汉堤防。如汉江南岸堤自潜江县界起至沔阳州界止，共24垸，计堤长16 867.5丈，北岸堤自潜江县界起至沔阳州界止，共19垸，计堤长16 944丈。[117]故而说：“湖北之堤御江救田”，确保江汉堤防是最重要之事。嘉靖三十九年（公元1560年）、嘉靖四十四年大水后，荆江决堤数十处，开始各县分修江堤，成效不大。嘉靖四十五年荆州知府赵贤主持江堤合修工程，“历三冬，至戊辰（隆庆二年，公元1568年），六县堤始就”。[118]枝江、松滋、石



首、江陵、公安、监利堤长四万九千余丈，南岸枝江、松滋、公安、石首堤长五万四千余丈，并创立"堤甲法"，建立了较严密的堤工管理组织系统。此外，他还扩建了汉江沙洋大坝，[119]减轻汉水对江陵一带的威胁。

由于原有的穴口故道及流注的湖渚、枝河已变为廛舍畎亩，故多开穴口已不现实，河道疏浚大工程减少，之后工程重点仍是修建江汉堤防，垸堤的加固培修也成为圩区经常性的工作。

清代中期后，江汉平原圩田的发展趋于饱和。该地区的围垦以农户自行经营为主，没经统一规划（如唐后期太湖塘浦圩田），因此河系紊乱，排泄不畅。又因大肆围湖，湖泊蓄洪能力降低。老圩因围垦早地势低，汛期水外排困难，常遭淹没，甚至还形成了新的积水湖泊。乾隆五十三年（公元 1788 年）荆江万城大堤决口后灾患更加严重，到嘉庆前期江汉平原连年溃垸共达 920 垸。[120]在这种情况下，政府采取了控制垸田发展的行政措施，又对河湖水系进行了较大规模的治理。以嘉庆十一年至二十二年（公元 1806～1817 年）任湖广总督的汪志伊治绩最著。治理的重点是四湖地区。"四湖"是长湖、白露湖、三湖及洪湖的合称，它们地处江汉平原最低处，洪涝渍灾害很是严重。汪志伊上任后即对四湖水利进行大规模整治。首先，筑堤建闸控制蓄泄。嘉庆十二年在监利县福田寺古水港口横堵一堤，堤上建石闸，翌年在沔阳州新堤（今属洪湖市）古茅江口筑堤，亦建石闸。通过与福田寺闸配套运行，实行分区调蓄。规定："每年十月十五日先开新堤闸，十月二十日次开福田寺闸，计可疏消积水五六尺，各垸田即可涸出十分之八九。每年三月十五日先闭福田闸，不以邻为壑，三月二十日次闭新堤闸，不使江水倒灌至姚家河。"[121]以达"内以宣渍潦，外以防盛涨"的功效。其次，广泛疏浚河道，如疏浚了流入洪湖的 20 多处河道。[122]嘉庆十四年，疏通了联结三湖与白露河的河流，此河即称为"汪新河"。经过三年的大力整治，四湖地区圩外水系较为畅通，初步形成由河、湖、闸组成的排灌系统，增强了抗御洪涝灾害的能力。此外，汪志伊还督令修筑荆江、汉江大堤及沔阳、潜江、天门、汉川、云梦、京山、荆门等州县的垸堤[123]，实行堤防保固管理制度，使江汉平原圩区水利有了较大改善。

洞庭湖区明代围垦的圩田有限，围垦与水利的矛盾不大，清代乾隆中期以后矛盾逐渐尖锐。于是一方面多次发布禁垸令，另一方面加强各个围垸的水利建设。这是因湖南围垸的布局与湖北不同，"湖北之堤御江救田，湖南之堤阻水为田。湖北之堤或东西长数百里，南北长数百里；湖南之堤大者周围百余里，小者二三里，方圆不一，星罗棋布，名虽为堤，其实皆垸"[124]。湖南圩田一座座分布在洞庭湖周围，无统一的堤防，所以重视加强各个围垸的建设。

如龙阳县（治今汉寿县）治北的大围堤，周围 35 800 余丈，绵亘 120 里，上接辰沅诸水，下滨洞庭湖，围民田数万，其中龙阳县籍载田 80662 亩，约占十分之七，武陵占十分之三，岁入国税万余。内有水涵（水闸）七座以泄积水。始建于明代正统十一年（公元 1446 年）。由于大围堤的重要性，所以明清两代屡次维修，大的修筑活动约有 30 次，工程不断完善提高。其中天启元年（公元 1621 年）大水，堤决两道，当年大修，堤身高三丈五尺，堤基阔七丈，堤面广一丈，用四县所积预备仓谷重新整治涵口，筑石矶（在堤工险要处用石修筑而成，以挑水护岸）



三座。清代雍正五年（公元 1727 年）大水堤决，六年发帑银加高三尺，加宽五尺。道光十九年（公元 1839 年）建大石涠一座，长 34 丈，高广各一丈，名之为六石涠。同治元年（公元 1862 年）因“下游淤塞，水涨较高”，添设石矶十座“以杀水势”，约计共 6300 丈。同治六年又在陶贾堤对岸顶设加修石矶一座。同治十二年堤岸通体补筑加高二尺，培厚五尺，险工砌石，土堤用“三沙锤”夯筑，“水不为患”。[125]

乾隆十二年湖南巡抚杨锡绂勘察了洞庭湖滨堤垸情况，在“每年冬，令水利各员督民培筑，以防夏秋之水，曰岁修”的基础上，又酌定章程：一是“险工宜三年连加大修”。当水冲处的垸堤险工地段，原来每年岁修不过加土数寸、一尺，今要求在险工垸堤“每岁加厚三尺，高二尺，以三年为止，即稍有冲损，尚多余存。合之现在堤身，三年之间，厚可一丈六七尺，高亦准此，遇大水亦保无患”。定由田主出资修堤。二是“护堤柳株，宜一律栽种”。因民垸上种柳者少，不能御风浪，因而要求水利官员责令堤总堤长等人负责督民栽种。三是“专管水利之员，宜免差委”。查各州县“堤垸多者五六十，少者三四十；每垸大者六七十里，小者亦二三十里”。水利官员负责“每年冬季培修，夏秋防护”的任务，不能再另差派别的任务。此外，三年大修时，还要“择佐杂中勤慎老练者分委协办”。[126]足见对修筑圩垸的重视。这一章程大致得到执行。如安乡县，自明代万历间开浚虎渡河后，江水南倾，遂苦水患，“居民相度形势建立垸堤一十三处，为私垸，第高不过数尺，宽仅尺余，每遇泛溢莫能防御，有垸如无垸也”。康熙五十五年（公元 1716 年）将这 13 处垸定为官垸，动帑大修。雍正四五年大水后又修，还添建文明、新加二垸。乾隆十年（公元 1745 年）“加帮高厚”后，“十五垸形势颇为改观”。到乾隆十二年，又“令田主出资大修，自十二年起每岁加厚三尺，加高二尺，以三年为止。……安邑上十垸之围城等堤高过街市……下五垸地势最洼，堤多险要，即每年岁修犹更留意，况奉檄大修，敢不如式倍加功程耶。……高者益高，厚者益厚，所种荻柳成活数千株，甫修一年已较前大异”。[127]

然而圩垸的安危还与整个洞庭湖区水利息息相关。由于清代中期后水患频繁，引起人们对洞庭湖水利问题的关注，为此进行过长期的争论，焦点是如何处理荆江与洞庭湖、湖南与湖北的水利关系。主要意见有：

一是“废田还湖”。清代雍正十二年（公元 1734 年），湖北布政使李世倬就提出：“禁止私筑垸堤”，限制发展垸田的意见。[128]乾隆九年湖南巡抚蒋溥也提出节制围垦湖淤地。他说：“近年湖滨淤地，筑垦殆遍，奔湍束为细流，洲渚悉加堵截，常有冲决之虑。……臣以为湖地垦筑已多，当防湖患，不可有意劝垦。”[129]当时任湖广总督的鄂弥达也主张“严禁私筑小垸”。乾隆十一年湖南巡抚杨锡绂正式奏请“严行禁止”围湖为田。十二年朝廷下令禁垸，[130]两湖平原大规模围垦的趋势有所遏止，但并未能严格执行。乾隆二十八年湖南巡抚陈宏谋上疏言：洞庭滨湖民多私筑堤围，与水争地，致使湖面狭窄，漫决为患，要求刨毁阻碍水道的私垸，促使朝廷第二次发布禁筑私围的谕令。[131]到道光五年（公元 1825 年），御史贺熙龄看到堤垸不断私筑的情况，向朝廷上了一道《请查滨湖私垸永禁私筑疏》[132]，指出私垸“侵占湖地，阻塞水道，每遇水发之时，横溢四出，官围俱受其害”，还

引起官垸、民垸和私垸之间的矛盾，老垸和新垸的矛盾，以致互相争斗，别生事端。“总之，私围之禁不严，故诸患因之而起。”要求将“新筑围田阻碍水道之处，即行刨毁”。于是，道光八年，朝廷又颁布了第三次禁垸令。[133]道光年间魏源著《湖广水利论》[134]指出：“数十年中，告灾不辍，大湖南北，漂田舍，侵城市，请赈缓征无虚岁，几与河防同患。”认为这与湖面江面日狭，上游之沙涨日甚有关。“为今日计，不去水之碍而免水之溃必不能也。”提出“不问其为官为私，但问其垸之碍水不碍水。其当水已被决者即官垸亦不必修复，其不当水冲而未决者即私垸亦毋庸议毁。”他又在《湖北堤防议》[135]中说：“乘下游圩垸之溃甚者因而禁之，永不修复，以存陂泽潴水之旧。”可见“废田还湖说”并非主张全部圩垸废而为湖，而是要限制圩垸过分发展及刨毁阻碍水利的圩垸。这一建议是积极合理的，但因禁垦政策不能长久坚持执行，一些官员和民众又为眼前的利益所驱，盲目围垦一直禁而不止，因而加重了圩区的水患。

二是“塞口还江”。主张将荆江穴口堵塞，减少江水入湖，迫使洪水由江道下泄。咸丰、同治年间四口南流的局面形成后，荆北水患稍缓，大量水沙倾入洞庭湖区，湖西北淤洲迅速增长，并不断向南推进，为争相围垦提供了客观条件。此时，由于洞庭湖面的缩小，滞洪能力减少，湖区水灾明显加剧，因此，出现了塞口还江的建议。清光绪中，湖南地方官杨荫亭上书请求恢复南岸旧江堤，即堵塞决口。但未予采纳。光绪十八年（公元 1892 年），京官郎中湖南人张闻锦等呈“以水患日迫，请复旧堤”，“堵塞藕池溃口，欲障荆江浊流使无南泛”的建议。总督张之洞勘查后认为藕池口“实有碍难堵”，“自咸丰二年（公元 1852 年）藕池溃口以来四十余年，南北相安无事……一旦堵塞，荆民必群起相争。南省依堤为命者，北省必将与堤为仇。即欲强行议堵，此工亦恐难成。……工费过巨，断非数十万金所能办。纵使办成，盛涨亦难深恃，此堵塞藕池口之难也。”[136]可见“塞口还江”之策不易实行。

三是“向南分流”。主张荆江单纯或主要向洞庭湖分流。如乾隆间张汉虽提出江汉两岸并开穴口，并疏支河的主张，但认为向洞庭湖泄水为便，“湖水增长一寸不觉其涨，江水即可减四五尺”[137]。道光年间朱逵吉也有类似的意见。[138]道光二十年（公元 1840 年），总督周天爵强调：“（筑堤）只宜在北岸而不可南岸普施。”[139]由于洞庭湖具有巨大的滞洪库容，所以实际的水利工作一直执行荆江北岸筑堤，而向南分流的策略。

四是“南北分流”。由荆江同向南岸和北岸分流。荆江两岸历史上穴口众多，而且是向南北分流的，所以有人认为是因穴口湮塞，荆江才决溢为患的。如清初顾炎武说：“穴口之流多湮，则江水之正流易泛，将来浸决之患其可免乎？故荆以开古穴口为上策。”[140]道光九年魏源《湖北堤防议》中说：元明以后荆江止存二穴，洞庭等容水之地日被垦为圩垸，成为阻水之区，“汉自钟祥以下昔各有支河以杀其势，民贪其肥浊易淤，凡滩唇洲尾多方围截以成圩，自襄阳南下千余里则皆大堤以障之。于是汉底亦日高，堤外地日下，溃则破缶，潦则侧盂”。对于水患解决的办法，提出大水之后，“相其决口之成川者，因而留之加浚深广以复支河泄水之旧”。当荆南四口形成后，黄海仪在《荆江洞庭利害考》[141]中说：“藕池镇决口之宽广与



江身等，浊流悍湍澎湃，而南水既增加，湖身淤浅……此数年来水患所以顿加也。”他认为开古九穴十三口不现实，仅守堤防也难免大决，提出：“江南诸口宜塞，惟虎渡禹赜仍旧；江北诸口亦宜塞，惟郝穴一处当浚。”即主张堵荆江南岸三口和开北岸郝穴，南北分排洪水。由于江汉平原社会经济的重要性，政府决策多从“舍南救北”考虑，因此堵南口，开郝穴的建议是不会被采纳的。

五是蓄洪垦殖。主张一些低洼围垸，平时进行垦殖，大水年份利用其来蓄洪。清乾隆三十年（公元1765年），鄂抚鄂宁提出：“……改粮废堤，以便民生而顺水性。无水之年以地为利；有水之年即以水为利，任水之自然，不与之争地，俾免告灾请赈之繁。”[142]此法能兼顾垦殖与蓄水之利，缓解围垦与水利的矛盾，是减轻水灾损失的办法之一。民国时期拟定过“蓄泄垦殖”的论证方案，已有较为系统的理论。新中国成立后洞庭湖蓄洪垦殖区试建成功，成为防备特大洪水的应急措施之一。

总的来说，明清时期治理洞庭湖水利的建议大部分未能认真实行，成效有限。这是由于当时社会和技术水平的局限性，不能对荆、湖水利问题做出全面的规划治理，因此圩区的水利环境无大的改善，只能频繁地从事洪水过后的堵口筑堤、浚河清淤等工程，水灾仍是频仍。

（二）鄱阳湖圩区的治理

明清时期鄱阳湖区在湖滨和河口三角洲地带与水争地，大量筑圩围田，但大水年份圩子易被冲毁，为了提高抗御洪水的能力，圩区进行了一系列治理工程。

首先逐渐将零散的小圩联并成地区性的大圩。大圩圩堤高厚，洪水来临时防御的堤线相对来说较短，能减轻圩区防汛和排水的负担。如南昌县的集义圩，是道光二十三年（公元1843年）合并13座圩而成，自东墩晏公庙起，由鸭婆洲经马笼潭到坝塘止，始名“十三圩”。同治五年（公元1866年）又并大有、磐石二圩，改名“集义圩”。圩南北约长三十余里，东西约长十余里，跨南昌、新建两县，圩内田共27822亩，圩堤面宽一丈，底宽四丈，高八尺至一丈不等。[143]圩堤的宽、高明显大于一般圩子。如与该圩靠近的富防圩，其宽只有六尺，高为七尺。进贤县东北的丰乐圩，明万历三十三（公元1605年）年修筑，“周回数万丈，绵亘百余里，通计圩之内列圩四十有八，税可千余石”[144]。因该圩处于“鄱（阳）湖之西汉，抚赣诸水奔流而下，饶信之水倒灌而上，淫潦不时”。所以合并众多小圩而成大圩，有力地抗御了洪水。建昌县（今永修县）有三角圩，坐落在涂埠河东，“分之则为二十三圩，合之实为一圩”，也是联并而成。因该圩处于“宁武、奉、靖、安、建六县之冲，下与新邑、吴镇接壤，地势低洼，为通省上下所著明，地关紧要，亦为通省上下所著明”[145]。地势低，又处交通之要，所以要将小圩联并起来。清代道光时包世臣说：江右圩田，“阅志乘，每县圩名累百，其实圩堤不多，皆以一大圩包数十小圩”[146]。

有些圩子虽未联并成一圩，但也建成圩圩相连的形式。如同治《南昌府志》卷三记载：南昌、新建相联的五圩：余家塘、黄泥玲、双坑圩、万家塘、王浦港，“括内成田以数十万，跨南、新二邑，属之粮以万计，下联四十八圩。即五圩成，四十八圩皆壤也，五圩败，四十八圩皆鱼也”。余家塘等五圩处于顶冲地带，它们对下联的48圩起屏障的作用，因此十分重视加强这五圩的建设。



其次努力改善圩子的结构。一是加固、增筑圩堤。人们在不断与洪水的斗争中，努力提高圩堤的质量，加高加固圩堤，同时因河床逐渐淤积抬高，也迫使增高圩堤。光绪《南昌县志·河渠志上》说：赣水、盱江“初不为患，厥后河日淤而堤日增，堤增而河益淤，害乃不可胜穷矣。初，滨河之上流者，以水之消涨易，犹未有堤。迨下流之堤逼，河不得疾行，而害及上流，势亦不得不加建焉。迄今全境四达，殆无无圩之田。夫与水争地，本非良策。河身淤浅，暴涨易盈，然已逼水归河，成棋布之势，治斯土者，甚毋以其策之下，漫为高论或玩视之。”该书又说：“旧志（圩堤）高宽丈尺，光绪初犹不相甚远，近十年滨河大圩皆高二三丈，宽亦一两丈，盛涨辄与堤平，河身淤垫可知。”原来圩堤面宽六七尺，高也如此，光绪后滨河大圩“高至二三丈，宽亦一两丈”。下游筑圩后排水不畅，加上河道淤积，抬高了上游的水位，于是上游也得筑圩。又圩区圩田增加后，逼水归河，河道水位抬高，故圩堤必须相应的增高。

二是在原圩之内加筑子圩。光绪《南昌县志·河渠志中》称：南昌圩堤，“初建筑者堤皆滨河，后乃有加筑于内者，或径数百丈，或周回一二里，以滨河者为外郛，决于外，犹可抢护于内也，间收其地，增相仿筑”。如南昌的安泰圩，“康熙间筑，有石闸一，圩东长五百余丈，西长七百余丈，南北均有子圩”。又如余干县的下横南圩，当信江入湖之险，在原圩之内增筑万年子圩、石山背后子圩和黄坊口子圩[147]。加筑子圩，可防一旦外圩溃决，犹有子圩可守，不致全圩皆废。也有向外发展的，即在原圩之外堆筑挡堤，减弱波浪对圩堤的冲击。如南昌县的福国圩，圩长448丈，外有护堤沙挡长820丈[143]，以护卫内堤。

三是在圩堤上增建闸、枧，以提高排引功能。为根据需要及时调节圩内水量，在圩内河道通外河之处要建启闭设施，“大之为闸，小之为枧，皆用巨石”[144]。闸、枧用巨石修筑，工程较为牢固。如南昌县下富有圩在通青山湖处筑有青山石闸一座，石枧一个；下大有圩建牛尾石闸一座，石枧六个。有闸有枧，排泄能力加大。新建县大有圩在出水处建有茅泗给闸，“以资宣泄”[148]。当时重视修建闸、枧，技术上也有提高。

鄱阳湖地区明清时期虽然圩田有很大发展，但因地面的沉降作用，湖面向南扩展，围垦对湖面积的缩窄还未显出严重的危害，湖区的捕鱼业税收“从无升降，亦无荒缺”[149]。当时鄱阳湖的水域面积无具体数字，至1954年统计，湖面（21米水位）为5 050平方公里，1976年洪水湖面为3 841平方公里[150]，湖面缩窄是近期之事，估计明清时湖面缩小不多，仍能起到巨大的调节流域水量的作用，水利问题还不突出。但是圩田的增多，仍存在着危害，对此，清人已有清醒的认识，提出赣水、盱江等河患增多，“（圩）堤增而河益淤，害乃不可胜穷矣”[151]。

（三）皖中沿江圩区的治理

皖中沿江圩区深受长江洪水的影响，长江洪枯水位差悬殊，最高洪水位可达吴淞高程12米以上，高于圩田四五米。另外，长江下游自鄱阳湖口至镇江段，属分汊性河型，河漫滩冲积平原开阔，河床易做横向摆动，江岸淤涨崩塌频繁，因此，沿江圩田的发展和巩固，防御江洪是首要的任务。明清时期，皖中沿江圩区治理的最大工程是将沿江诸圩堤岸联结起来，形成一线江堤，以北岸的同马大堤、无为大



堤最为著名。

同马大堤是同仁堤与马华堤的合称，位于长江北岸宿松、望江、怀宁三县境内。长江自湖口以下属分汊性河型，河漫滩冲积平原开阔，河床易做横向摆动，历史上华阳河和皖河下游、沿江的龙湖、大官湖、青草湖及大漳湖都是长江故道。清代长江主流南移，北岸淤高，沿江农田水患较少。到道光之后，潮势趋北岸，于是沿江滨湖大量修筑江堤、围堤。民国《宿松县志·水利》记载："吾松当有清开国之初，江水安澜，邑境居民防旱多，而防潦少。道光后，江潮迭溢，于是外而沿江数百里之长堤先后修筑，内而滨湖各村庄地亩，亦均筑围自保。"沿江长堤的修筑是将各圩圩堤联结起来，增高加固，形成绵亘江堤。枞阳至安庆为广济圩堤，长约百余里，始筑于嘉庆，续筑于道光、同治年间；怀宁至华阳间长堤120余里，将怀宁、望江沿江小圩联成一体；华阳以西江堤长约160余里，分段修筑于道光至光绪年间，至民国三年（公元1914年），基本形成同马大堤系统，成为宿松、望江、怀宁等沿江圩田的防洪屏障。

无为大堤，位于长江北岸无为、和县境内，现长125公里。两县沿江一带有较开阔的冲积平原，宋代以来筑圩垦殖，成为皖北圩田经济最发达的地区。明代中叶以后，江流北趋，岸线崩坍剧烈，圩区堤坝屡建屡退，尤以土桥至胥坝一带坍退最为严重。明代正德间（公元1506～1521年）建胥家坝，后冲坍。嘉靖年间在鲍鱼口一带筑郑公坝，长十余里。万历十六年（公元1588年）因郑公坝将坍，又内退筑一坝。万历四十一年一坝又将坍，又内退筑二坝。万历四十五年（公元1617年）、清顺治九年（公元1652年）、康熙八年（公元1669年）不断向内退修筑三坝、四坝和颜公坝。康熙二十九年颜公坝已危险，于是接筑越坝捍之，与颜公坝合称五坝。何大观《江坝说》称："坝日退而欲杀江之怒，江日进而必蚀坝之防，自一而二而三而四，今将徙而五矣。濡地有限而江患无穷。"康熙四十四年又筑六坝，自徐家潭至周思沟计七里。以后不断修筑月堤和大坝，乾隆三十年（公元1765年）大修沿江圩坝，联成四段，千棵柳至青岗寺16里，饼子铺至刘公庙55里，上头圩至神河圩50里，临江坝至甕家镇交和州界100里，共长221里。乾隆五十三年又在沈家塘至方家桥一带顶冲地段增筑七坝、八坝、九坝，以捍御古家、张谢、获港等圩。[152]据统计，明清两代共建（退）坝85次。清末程佐衡《无为外江内河图说》称："自明穆宗隆庆以来，江流北徙，无为陆沉凡四五十里。"经过一次次退建江坝、堵河口、联圩埂，到清末时终于形成上自青岗寺，下迄乌江驻马河的一线江堤，成为沿江和巢湖地区广大圩田的重要屏障。

普遍实行联圩并圩是皖中沿江圩区整治的又一特点。皖南沿江一带宋代已联并小圩修建大圩，明清时更加发展。如南陵县有上林都总圩、下林都总圩、泰丰圩、西七联圩、东七连圩、五连圩、三连圩、三合圩等8个联圩，共包裹小圩坝120余处。[153]当时重视大圩堤岸的修筑，依据堤工险平，规定不同的修筑标准。皖北沿江圩区亦逐渐实行联圩并圩。如怀宁县广丰圩，原名黄城圩，内有田数万亩，是将米筛、盘条、城坦、沙包、河湾等圩联成的，道光中又扩大联圩，"大堤周围二十余里，约共荒熟田种二千余石"[154]。该县著名的广泰圩其实也是联圩而成，将各小圩"尽包在内"，埂长百里[154]。江北堤防，如湖北的黄广大堤，皖北的同马大



堤、无为大堤，实际也是联并沿江圩堤增筑而成。

明清时期皖中圩田水利设施更加完备。皖南在南宋时圩田技术已较成熟，明清时皖北圩田技术也有提高。如来安圩田虽然不是最发达的，但圩田水利已甚完善。清代中期来安知县韩梦周说：来安圩田，“凡圩之制，大者周四十余里，次二三十里，次十余里。四周筑堤，堤高二丈余，厚四五丈余；次高一丈余，厚三四丈余。堤外有夹河，有散水堤；内有月塘，有沟有渠。于堤半下作斗门，以石为之，小者为䃃，以砖为之。时其启闭，旱则引沙河之水入斗䃃，流入塘渠灌田；涝则决圩内之水出斗䃃，由夹河分入散水，达沙河。沙河不能即泄，在东岸又有汪波荡、鹅儿荡以汇之，在西岸有红草场、黄线沟以出之。”[155]圩子筑有坚厚大堤，圩内有塘蓄水，开沟渠排灌，圩堤上筑有斗门或䃃，可根据需要控制水的引排。圩外诸河道串通，利于泄水，河道还与湖荡沟通，用于调蓄地区水，形成圩内、外完整的水利系统。其他如圩田水利发达的无为、和县等对圩区水利建设就更重视了。

（四）太湖水网圩区的治理

太湖平原在唐、五代时期已建成圩圩相承的塘浦圩田系统。两宋又大力围湖垦田，发展民修小圩，圩区水道渐趋紊乱。这时期受自然变迁和人为活动的影响，太湖平原排洪出路不畅，水灾增多，此现象一直延续到明清时期。为了维护圩区的农业生产，明清时期圩区治理活动频繁。据统计，明代太湖平原的筑圩浚河工程达一千余次，清代则达两千余次，通过这些频繁的治理活动，积累了丰富的圩区治理经验。

首先进行圩区的规划建设。明清时期太湖圩区规划的总趋势是将大圩分为小圩。最早提倡分圩的是宣德年间的苏州知府况钟，曾建议将大至五六千亩，小也有三四千亩的圩分作小圩，“各以五百亩为率”[156]。之后，弘治间主管太湖治水的工部主事姚文灏提出低地三百亩，其他地五百亩为标准的分圩说。当时认为“小圩之田，民力易集，塍岸易定，或时遇水，则车戽易过，水潦易去”[157]。还有歌谣说：“教尔分小圩，圩小水易除，废田苦不多，救得千家禾。”[75]大圩化小圩是与明清时期发达的小农经济形态相适应的，亦与太湖圩区的地势水情有关。因为太湖洪水的特点是水位变幅小，圩子内外水位高差较小，圩堤高者离水面才7~8尺，低者仅5~6尺，不像长江中下游沿江圩区，靠高大的圩岸抗御江洪，缺乏太湖圩区分割为小圩的自然条件。而太湖圩区堤岸较为矮小，农户可以自行组织经营，又可避免大圩中高与低、排与灌、旱与涝，以及维修管理等矛盾，所以明清时地方官员大多提倡分圩和推行小圩①。

然而个体农户所修的鱼鳞小圩，一般堤身矮薄，排灌工程不配套，防御洪涝能力低。明代万历间常熟知县耿橘就指出：小圩“能御小小旱涝，而不能御大旱大涝”[158]，主张对常熟地区水网紊乱，圩子犬牙交错的状况进行整治。采取的主要措施是进行联圩并圩，做法是“围外依形连搭筑岸，围内随势一体开河”。根据地形沿河做堤，连搭成围，围内开排灌河渠。“大者合数十圩，数千百亩，共筑一围”，但不能把主要行洪河道包进圩中。耿橘在常熟县任内三年，按水利规划将一

---

① 据新中国成立初期统计，苏州地区有300多万亩圩田，有10 000多座圩，平均每圩面积约300亩。圩田的规模大致是从明清流传下来的。



些小圩联并成了大圩，因此常熟大圩比其他县多些，圩的布置也较为整齐有序。见图4-1-2-7。

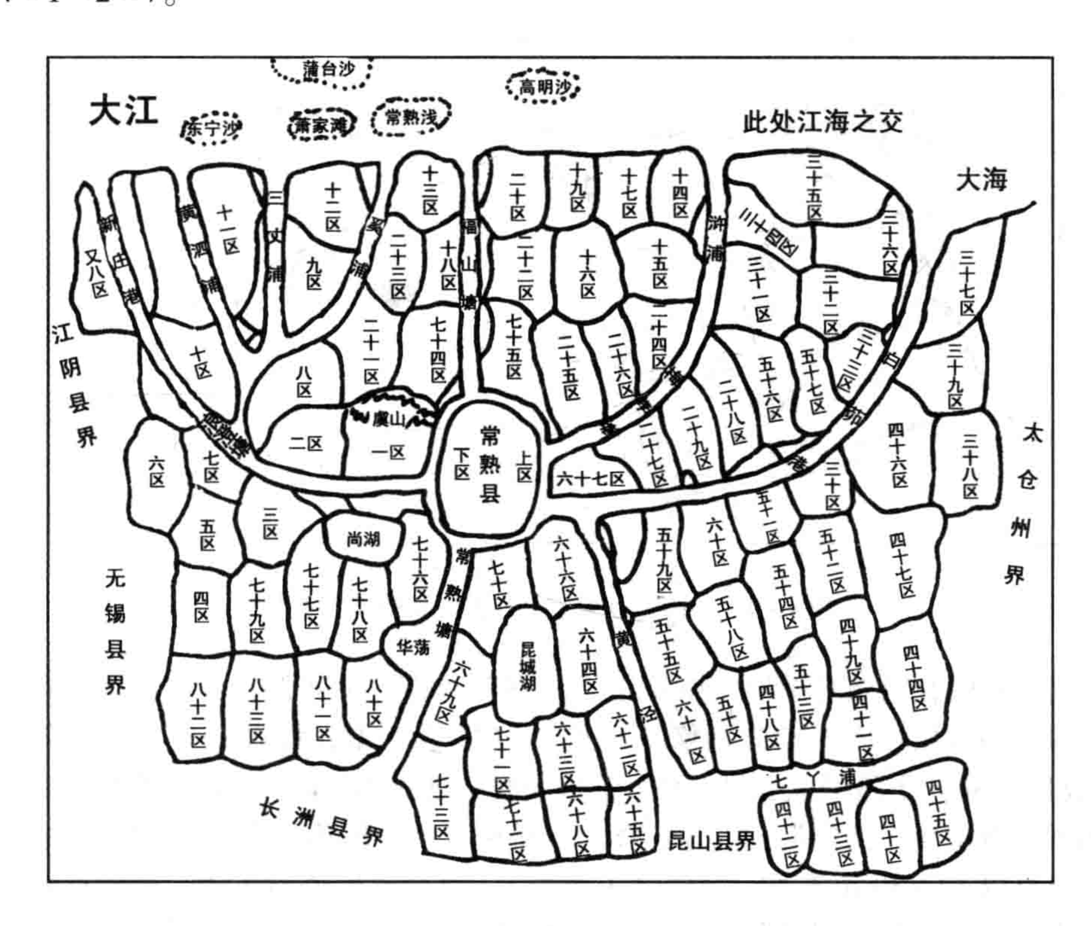


图4-1-2-7　明常熟县水利图

（选自耿橘《常熟县水利全书》）

第二，圩内实行分区分级控制。圩内地面一般皆有高低起伏，降雨时径流由高地流向低地，而雨后低田积涝，高田则缺水，有时因圩堤一二处决口，就殃及全圩被淹。为了解决这些问题，采用了分区分级的治理方法。

明初何宜《水利策略》中已提出筑“径塍”分区治理的方法，“凡围内有径塍者，遇涝易于车戽，是以常年有收；其无径塍者，遇涝难以车戽，是以常年无收”。因此，凡大围有田三四百亩者，须筑径塍一条；五六百亩者，须筑径塍二条；七八百亩以上者，皆如数增筑。[93]

耿橘在《常熟县水利全书·大兴水利申》中更提出分区防御与分级控制相结合的方法。他说：“围田无论大小，中间必有稍高稍低之别，若不分彼此各立戗岸，将一隙受水，遍围汪洋。……如此则围岸虽筑，亦属无用。”方法是：“于围内细加区分，某高某低，某稍高某稍低，某太高某太低，随其形势截断，另筑小岸以防之。盖大围如城垣，小戗如院落，二者不可缺一。万一水溃外围，才及一戗，可以力戽。即多及数戗，亦可以众力戽。乃家自为守，人自为战之法。”戗岸筑法：“要于堤田外边，开沟取土，内边筑岸。内岸既成，外沟亦就。外沟以受高田之水，使不内浸。内岸以卫低田之稼，俾免外入，又为高低两便之法。”即筑时在高田外缘开沟，利用挖出的土在低田外沿筑堤，所筑戗岸雨时可阻止高地径流向低



地汇集，减轻低地积涝；旱时高地又能利用沟中蓄积的径流，引水灌溉农田。见图4－1－2－8。

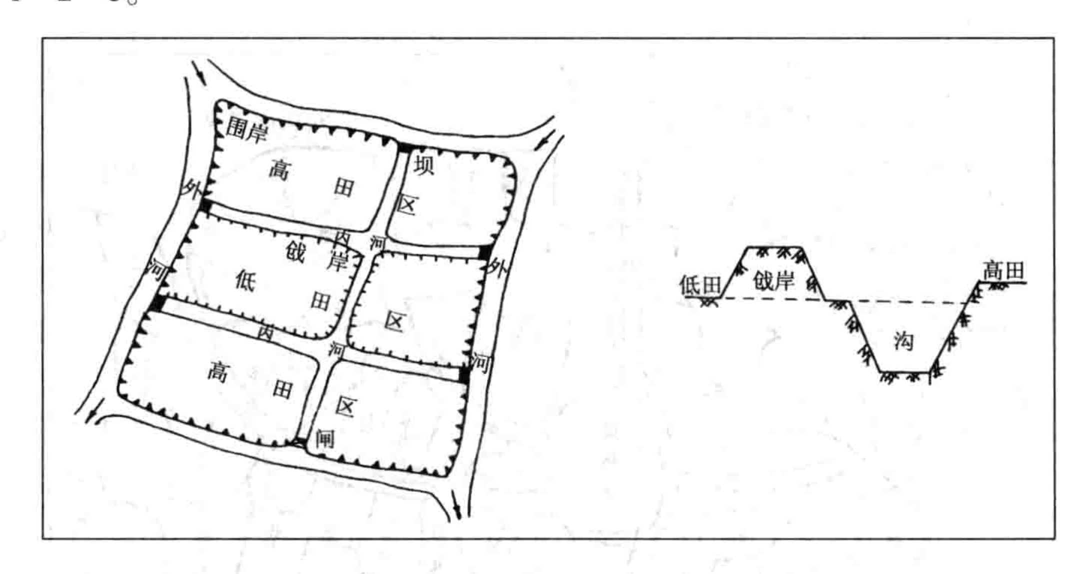
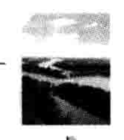


图4－1－2－8　耿橘联圩、并圩和戗岸示意图

清代孙峻在《筑圩图说》中总结了治理四周高、中间低、排水困难的仰盂圩的经验。即按照圩内地形分别修筑“抢”（即戗）岸，将农田分为“上塍田”、“中塍田”和“下塍田”三级，使各级农田自成独立的区段。其围绕在最低区下塍田周围的戗岸叫“围岸”，修筑牢固，不开缺口。区段内又作小抢岸，分成若干格，每格以10～30亩不等。圩岸（上塘岸）、抢岸亦皆修筑牢固，强调在相邻高差较大地段，加筑“畔岸”（子岸）。这样通过分级、分区、分格控制，实行内外分开，高低分排。在圩岸开缺口设堰闸排上塍水，从上塍内开挖倒沟排中塍水，在圩内低洼处开凿溇沼通外河排下塍水。内口设堰闸启闭，做到内外分治，高低分开，控制内河水位。见下页图4－1－2－9。孙峻指出：如不筑“围”、“抢”控制，不仅水会“从上泻下”，从高田直泻低田，也会“由下淹上”，因为下塍是“受水之壑”，容易从溇口涌进外潮，然后淹没中塍及小高塍。故“围岸、抢岸之筑，不特利益小塍，而中塍及小高塍均受其益”。见下页图4－1－2－10、图4－1－2－11。

“仰盂圩”在圩区比较常见，所以这一技术经验很有用处，能够减少和避免低田被淹的状况。孙峻曾在其家乡青浦孙家圩下区荒塍试行，效果显著，不久推行全县，“青邑无水患者凡三十载”[159]。

在无锡北面、常州东北的芙蓉圩也实施了分区分级控制。该圩建于明正统年间（公元1436～1449年），由周忱主持围芙蓉湖成田，周长63里，全圩面积号称“十万八千亩”，包括水面在内实际约6 500余亩。全圩地形四周高，中间低，为一大型仰盂圩。芙蓉圩初筑时，重在修筑外圩堤，当时外圩堤高12尺，面阔18尺，成为“五马并行”大堤。之后，逐步完善内部工程设施。光绪《重修芙蓉圩堤录》较详细地记载了芙蓉圩工程。其圩内分区分级的控制工程有界岸、抵水岸、分区堤岸和小圩岸等。芙蓉圩分属无锡、武进二县，西南隶属无锡县，东北隶属武进县。界岸是分隔二县的疆界，把总圩分成两大圩区。抵水岸修筑于高低地之间，抵御高



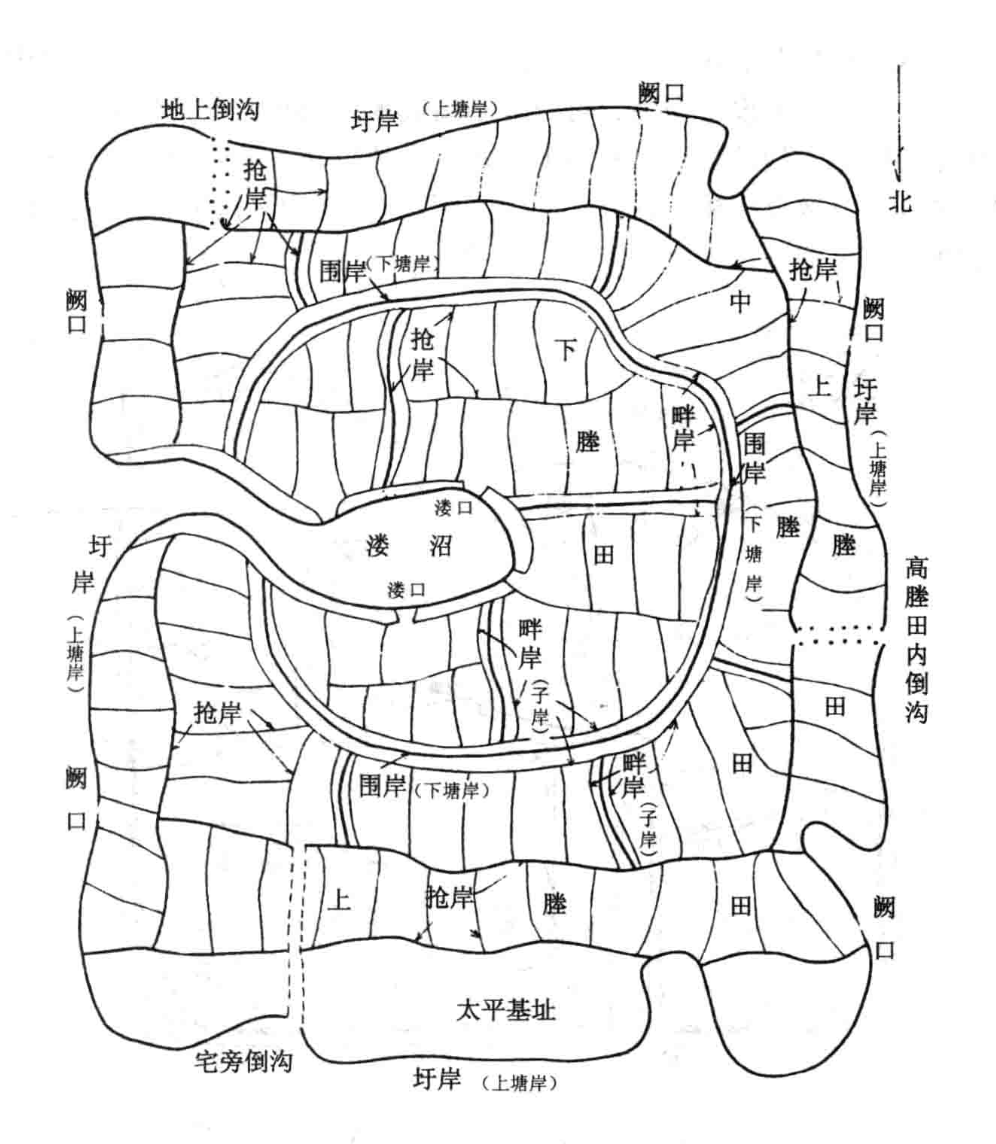


图 4－1－2－9　仰盂圩分级分区控制示意图

（据《筑圩图说》复制）

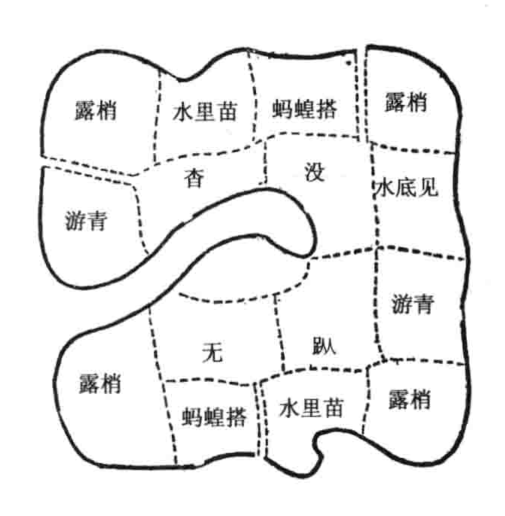


图 4－1－2－10　圩内无抢岸水淹难施戽救示意图

（据《筑圩图说》复制）

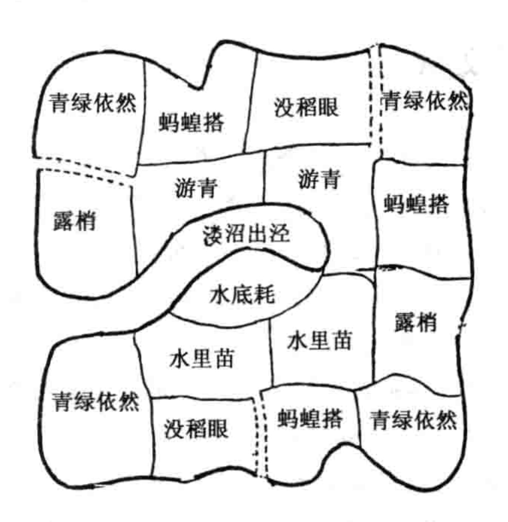


图 4－1－2－11　圩内有抢岸水淹易施戽救示意图

（据《筑圩图说》复制）

田水下泻低田。分区圩岸与界岸连接，将总圩分成若干区，小圩岸布置在各区



圩内，起分区分格控制的作用。同时在总圩堤上设置八座外闸，可以控制内外水的蓄泄。分区分级堤岸上设置内闸，可以节制高低水。同时设置一些涵洞和堰坝。通过各级堤岸与闸堰工程的配合，基本上实现了内外分开、高低分开和旱涝分开。这是太湖地区圩田分区分级搞得较好的一个实例，也代表了明清时期太湖地区圩田工程技术的水平。见图 4－1－2－12。

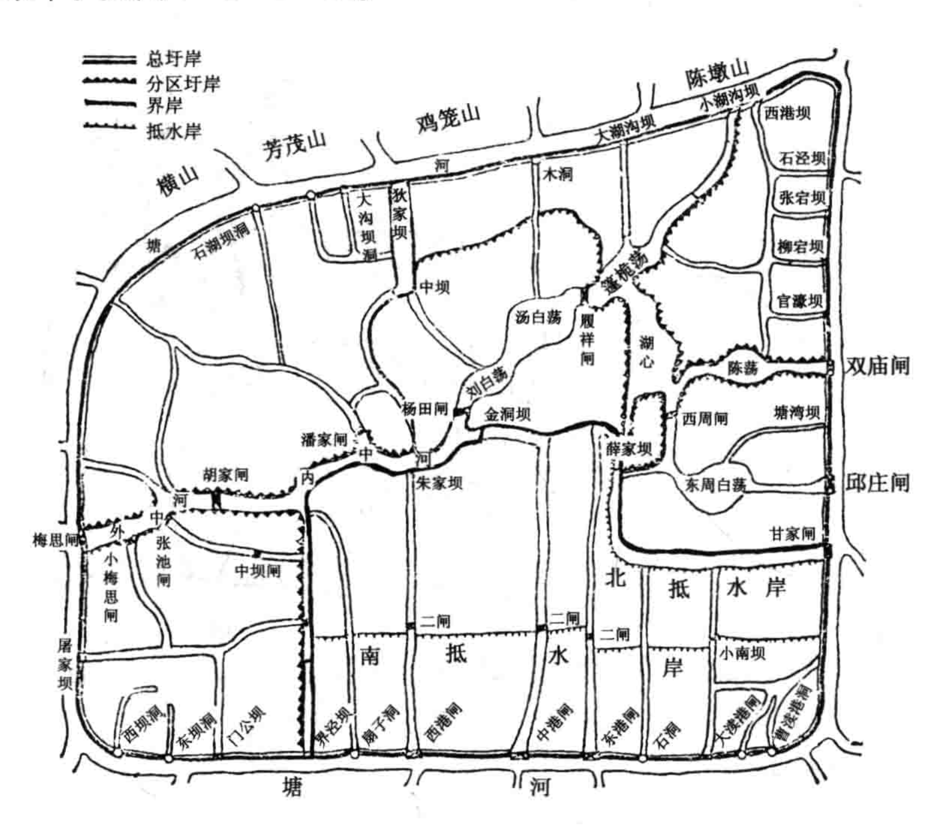


图 4－1－2－12 芙蓉圩示意图

（据《芙蓉圩修堤录》附图绘制）

参考文献

〔1〕道光《洞庭湖志》卷四。

〔2〕嘉靖《沔阳志》卷八《河防》。

〔3〕同治《汉川县志·山川》。

〔4〕明·顾炎武：《天下郡国利病书》卷七四《湖广三》。

〔5〕康熙《潜江县志》卷一〇。

〔6〕《舆地纪胜》卷六九岳州引《皇朝郡县志》。

〔7〕道光《洞庭湖志》卷二。

〔8〕《明英宗实录》卷二四七。

〔9〕明·章潢：《图书编》卷三九《楚均田议》。

〔10〕龚胜生：《清代两湖农业地理》，华中师范大学出版社，1996 年，第 46 页。

〔11〕康熙《潜江县志》卷三。

〔12〕万历《湖广总志》卷三三。

〔13〕明·刘鸿浩：《重筑吴家剅堤记》，康熙《监利县志》卷尾。



〔14〕同治《监利县志》卷四。

〔15〕同治《石首县志》卷七记载雍正初年所见情景。

〔16〕乾隆《江陵县志》卷八，光绪《沔阳州志》卷四，光绪《汉川图记证实》第4册，乾隆《天门县志》卷六，乾隆《湖北安襄郧道水利集案》卷下，乾隆《汉阳府志》卷一五。

〔17〕光绪《湖南通志》卷四六称："旧有48垸，明初筑。"

〔18〕隆庆《岳州府志》卷一二。

〔19〕嘉庆《沅江县志》卷三。

〔20〕《清经世文编》卷一一七，载嘉庆七年湖南巡抚马慧裕《湖田占水疏》，文中称：洞庭濒湖十州县有官围155所、民围298所、存留私围91所，共544所。官围筑于康、雍时期，民围筑于乾隆初。

〔21〕清·严有禧：《滨湖开荒筑堤禀》，乾隆《长沙府志》卷二三。"积八十万步"，一步五尺，湖区垸堤共长四十万丈。

〔22〕光绪《湘阴县图志》卷五、卷二二。

〔23〕《清高宗实录》卷二八九，乾隆十二年四月乙亥。

〔24〕《中国自然地理·历史自然地理》，科学出版社，1982年。

〔25〕清·曾继辉：《湖田保安志》。

〔26〕《雍正朱批谕旨》雍正五年七月十三日王国栋奏折。

〔27〕同治《监利县志》卷三，一说郝穴堵塞在嘉靖二十一年。

〔28〕《皇朝经世文编》卷一一七《湖北水利论》。

〔29〕《续行水金鉴》卷一五五《荆江府堤防考略》。

〔30〕《清高宗实录》卷二八九，乾隆十二年四月乙亥。

〔31〕光绪《华容县志》卷二。

〔32〕光绪《湖南通志》卷四六、四七。

〔33〕《水经注》卷三九《赣水》。

〔34〕顾祖禹：《读史方舆纪要》卷八三《鄱阳湖》。

〔35〕同治《饶州府志》卷二《水利》。

〔36〕万历《南昌府志》卷六《水利》。

〔37〕《新唐书》卷四一《地理志五》。

〔38〕《江西要览》卷六《水利》。

〔39〕万历《南昌府志》卷六《水利》。

〔40〕光绪《江西通志》卷六二《水利》。

〔41〕同治《建昌县志》卷一《圩堤》。

〔42〕光绪《江西通志》卷六二《水利》，同治《南昌府志》卷三。

〔43〕道光《余干县志》卷一九《艺文》，李光元《直指田公捐金筑堤碑记》。

〔44〕同治《鄱阳县志》卷四《水利》。

〔45〕光绪《江西通志》卷六三《水利》。

〔46〕同治《德化县志》卷五《水利》。

〔47〕光绪《南昌县志》卷六《河渠中》。

〔48〕同治《新建县志》卷一二《水利》。

〔49〕同治《南昌府志》卷三《地理》，光绪《江西通志》卷六二《水利》。

〔50〕同治《南康府志》卷六《水利》。

〔51〕同治《九江府志》卷五《水利》。

〔52〕万恭：《筑五圩碑》，载乾隆《南昌县志》卷六〇《艺文》。



〔53〕包世臣：《安吴四种》卷二七《齐民四术·留致江西新抚部陈玉生书》。
〔54〕嘉庆《无为州志》卷七《食货志·民赋》。
〔55〕光绪《直隶和州志》卷六《河渠志》。
〔56〕光绪《直隶和州志》卷四《舆地志》。
〔57〕嘉庆《庐州府志》卷二一《水利志》。
〔58〕民国《宿松县志》卷二〇《水利志》。
〔59〕嘉庆《无为州志》卷六《水利志》。
〔60〕道光《怀宁县志》卷六《水利》。
〔61〕民国《怀宁县志》卷五《水利》。
〔62〕清·韩梦周：《开黑河议》，《清经世文编》卷一一六。
〔63〕民国《潜山县志》卷一。
〔64〕详见陆鼎言：《“圩区”考》，《水利学报》1999年第5期，下面论述多参考此文。
〔65〕乾隆《镇江府志》卷一八《津梁》。
〔66〕明·包汝楫：《南中纪闻》。
〔67〕《再续行水金鉴》卷二《重浚江南水利全书》。
〔68〕道光《洞庭湖志》卷四。
〔69〕光绪《南昌县志》卷六《河渠中》。
〔70〕《吴郡文编》卷三〇。
〔71〕宋平安：《清代江汉平原水灾害多元化特征剖析》，《农业考古》1989年第2期。
〔72〕汪家伦：《历史时期太湖地区水旱情况初步分析》，《农史研究》第三辑，农业出版社，1983年。
〔73〕明·耿橘：《常熟县水利全书》卷一《大兴水利申》。
〔74〕明·童时明：《三吴水利便览·筑岸法程》。
〔75〕嘉靖《江阴县志》卷七《河防记》。
〔76〕清·黄象曦：《吴江水考增辑》卷二《堤水岸式》。
〔77〕《荆楚修疏指要·岁修事宜引》。
〔78〕明·姚文灏：《修筑圩岨事宜》，嘉靖《江阴县志》卷七《河防记》。
〔79〕《常熟县水利全书》卷一《大兴水利申》。
〔80〕明·黄体勤：《赵段筑围纪略》，载乾隆《苏州府志》卷七《水利二》。
〔81〕明·沈啓：《吴江水考》卷二《水蚀考》。
〔82〕明·金藻：《三江水学》，载姚文灏《浙西水利书·今书》。
〔83〕《湖北安襄郧道水利集案》上卷。
〔84〕明·沈啓：《吴江水考》卷四《水议》引。
〔85〕明·沈啓：《吴江水考》卷二《堤水岸式》。
〔86〕明·林应训：《修筑河圩以备旱涝以重农务事文移》，《农政全书》卷一四《水利》引。
〔87〕光绪《官圩修防汇述·修筑》。
〔88〕《清高宗实录》卷二八九，乾隆十二年四月乙亥。
〔89〕光绪《重修湖南通志》卷四七。
〔90〕《宋史》卷一七三《食货志上一》。
〔91〕乾隆《望江县志》卷二。
〔92〕民国《太湖县志》卷七《水利》。
〔93〕明·姚文灏：《浙西水利书·今书》。



〔94〕清·黄象曦:《吴江水考增辑》卷二《堤水岸式》。
〔95〕同治《南昌府志》卷三《地理》。
〔96〕明·金藻:《三江水学》,载姚文灏《浙西水利书·今书》。
〔97〕《归愚文钞》卷二〇。
〔98〕道光《江阴县志》卷三《山川·河港》。
〔99〕林应训:《修筑河圩以备旱涝,以重农务事文移》,载《农政全书》卷一四。
〔100〕嘉靖《江阴县志》卷七《河防记》。
〔101〕《吴江水考》卷四《水议中》。
〔102〕乾隆《苏州府志》卷七《水利二》。
〔103〕《清高宗实录》卷一七一,乾隆七年七月。
〔104〕乾隆《昆新两县合志》卷三六,引载朱集璜《与高水丞书》。
〔105〕明·周凤鸣:《条上水利六事》,载乾隆《苏州府志》卷七《水利》。
〔106〕清·庄有恭:《查禁茭芦鱼簖告示》,载苏尔德《三江水利纪略》卷一。
〔107〕清·凌介禧:《太湖去委水口要害说》,载《东南水利略》卷四。
〔108〕宋·范仲淹:《上吕相公并呈中丞咨目》,载《范文正公集》卷九。
〔109〕明·徐光启:《农政全书》卷一四《水利》。
〔110〕光绪《江阴县志·闸堰》,及《江苏建设》第3卷8期,1936年8月朱坦庄《勘查镇澄间沿江各港报告》。
〔111〕雍正《江南通志》卷六三,马祐《报竣完工疏》。
〔112〕清·韩锡祚:《修铜城闸记》,载光绪《直隶和州志》卷六《河渠志》。
〔113〕元·林元:《石首重开古穴记》,载嘉靖《荆州府志》卷一二。
〔114〕同治《监利县志》卷三,一说郝穴在嘉靖二十一年堵塞。
〔115〕同治《钟祥县志》卷三。
〔116〕万历《湖广总志》卷三三《水利志》。
〔117〕《宣防备览》。
〔118〕同治《枝江县志》卷三《地理志》。
〔119〕嘉庆《荆门直隶州志》卷一二《水利志》。
〔120〕清·汪志伊:《筹办湖北水利疏》,《清经世文编》卷一一七。
〔121〕《楚北水利堤防纪要》卷二。
〔122〕清·汪志伊:《奏浚各河疏》,《楚北水利堤防纪要》卷二。
〔123〕清·汪志伊:《疏筑江汉水利奏稿》,光绪《襄堤成案》卷二。
〔124〕《雍正朱批谕旨》,雍正五年七月十三日王国栋奏折。
〔125〕光绪《龙阳县志》卷三。
〔126〕《清高宗实录》卷二八九,乾隆十二年四月乙亥。
〔127〕光绪《安乡县志》卷七,张绅:《堤垸略节》。
〔128〕《雍正朱批谕旨》迈柱雍正十二年九月十五日奏折。
〔129〕《清史稿》卷二八九《蒋溥传》。
〔130〕《清高宗实录》卷二八九。
〔131〕道光《洞庭湖志》卷一。
〔132〕《清经世文续编》卷九八。
〔133〕《清宣宗实录》卷一三四。
〔134〕清·魏源《古微堂外集》卷六。
〔135〕《魏源集》,中华书局,1979年,第391页。



〔136〕《再续行水金鉴》卷二二，张之洞奏语。

〔137〕清·张汉：《请疏通江汉水利疏》，《清经世文编》卷一一七《工政二十三》。

〔138〕清·朱逵吉：《奏陈湖北水利事宜》，《再续行水金鉴》卷四。

〔139〕《再续行水金鉴》卷七。

〔140〕明·顾炎武：《开穴口总考略》，《天下郡国利病书》卷七四。

〔141〕《再续行水金鉴》卷三二。

〔142〕《续行水金鉴》卷一五三。

〔143〕光绪《南昌县志》卷六《河渠中》。

〔144〕同治《南昌府志》卷三《地理》。

〔145〕同治《建昌县志》卷一《地理志·圩堤》。

〔146〕《清朝续文献通考》卷一二《田赋十二》。

〔147〕同治《余干县志》卷四《圩渠》。

〔148〕同治《新建县志》卷一二《水利》。

〔149〕同治《进贤县志》卷八《杂课》。

〔150〕谭其骧、张修桂：《鄱阳湖演变的历史过程》，载《复旦学报》（社会科学版）1982年第2期。

〔151〕光绪《南昌县志》卷五《河渠上》。

〔152〕嘉庆《无为州志》卷六《水利志》。

〔153〕民国《南陵县志》卷六《圩坝》。

〔154〕民国《怀宁县志》卷五《水利》。

〔155〕清·韩梦周：《圩田图记》，载《清经世文编》卷一一六。

〔156〕明·况钟：《明况太守治苏政绩全集》卷九。

〔157〕明·王同祖：《论治田法》，崇祯《松江府志》卷一八。

〔158〕明·耿橘：《常熟县水利全书》卷一《大兴水利申》。下同。

〔159〕清·孙峻：《筑圩图说》，陈其龙序言。



第二章
挡潮蓄淡

我国东南沿海平原地势低平，完全依靠海塘防御海潮的侵袭，以保障城镇的安全及避免农田受咸潮的危害。唐宋时期已在江浙沿海建成系统的海塘。明清时期为保障这一财赋之地的农业生产，更大力修筑海塘，易土塘为石塘，改进海塘布置形式和塘身结构，工程技术大为提高。

明清时期，由于受自然演变和人类经济活动的影响，许多地区的沿海滩涂迅速向外伸展，这一现象在苏北沿海、上海南汇嘴、浙东沿海、福建海湾地区及珠江三角洲滨海地区尤为突出，这为大规模围垦海涂创造了条件，由是促使拒咸蓄淡工程技术继续发展。

第一节　海塘工程技术的进步

一、海塘的修筑

明清时期江浙海塘是修筑的重点地段。江浙海塘全长400公里，分为江南海塘和浙西海塘两部分。江南海塘北自常熟福山口，南至金山金丝娘桥，长约240公里。浙西海塘自金丝娘桥至杭州狮子口，长160公里。江浙海塘捍御着富庶的太湖平原民生的安全。由于太湖地区地势四周高亢，中间低洼，呈一浅碟形盆地，不仅沿海地带易遭潮灾，而且咸潮会涌进内河，在腹地泛滥成灾，导致土壤盐化，严重危害农业生产。明清时太湖地区农业经济更加发达，国家的赋税、漕粮大量依赖于该地区。据顾炎武统计，仅苏州、松江、常州、嘉兴、湖州五府，在明代每年所负担的赋税就有730余万石之巨，约占当时全国田赋总额2 940余万石的四分之一。清代人说，东南财富半出于江浙钱漕，海塘实为目前“第一要务”[1]。为了保障该地区的农业生产及朝廷的财赋、漕粮来源，国家投入大量的人力、财力、物力修筑海塘，不断改进工程技术，力求坚固耐久。

（一）浙西海塘

明清两代对浙西海塘用力最多。由于潮势的变化，修筑地段的侧重也有不同，明代的重点在海盐，清代则在海宁。

明代钱塘江主潮流走北大门的次数增多，其时潮流受长江口南汇嘴的延伸和杭州湾南岸外涨的影响，直冲杭州湾北岸海盐一带，故该处海岸内坍严重。嘉靖《嘉兴府图记》卷七《水利》载：海盐海岸外原有“三十六沙、九涂、十八岗及黄盘七峰，布列海壖”。经潮浪的不断冲击，尽坍入大海。为了防止海岸被冲坍，海盐沿海成为海塘重点修筑地段。

明代的276年中，修建浙西海塘达24次，其中18次在海盐。这是因这段海岸涌潮凶猛，海塘难于稳定，有的地段连续修了几十年才稳定。如洪武三年（公元1370年）修筑海盐澉浦至乍浦石塘2370丈，到洪武二十年塘圮复修。永乐二年



（公元1404年）塘又圮，再增土复修。宣德中修筑石塘，数年又毁，直至正统元年（公元1436年）用木石另筑复塘，才稳定了一段时间。

成化十三年（公元1477年），浙江按察司副使杨瑄改筑海盐旧塘2380丈，此塘仿照王安石在浙江鄞县所筑陂陀石塘形式。但陂陀塘适于潮流较缓的浙东地区，而海盐潮势强烈，陂陀塘表面砌石易被卷走，内部碎石易被掏空，十余年后杨瑄塘就被冲圮。弘治元年（公元1488年）海盐知县谭秀从蓝田至丫义筑堤900丈。他改进了石塘筑法，兼采陂陀塘外坡倾斜和直立塘整体稳定的长处，筑成重力式桩基石塘。但这种石塘用条石叠砌而成，相互牵制不力。弘治十二年，知县王玺又改进砌石方法，把"外纵内横"叠砌法改为纵横交错骑缝叠砌法，石块之间互相牵制，增加了塘身的稳定性。嘉靖二年（公元1523年）一次秋潮大作，别的旧塘几乎皆有缺损，惟王玺所修20丈石塘安然无恙，因此被作为"样塘"推行。

嘉靖二十一年（公元1542年），浙江水利佥事黄光升在总结海盐以往塘工经验的基础上，加以改进，发明了五纵五横鱼鳞石塘。这种海塘形式注重深打基础，坚实塘身，克服了以往塘工"塘根浮浅"、塘身"外疏中空"的两大缺陷。又在石塘后顺塘开"备塘河"排水和防止咸潮渗入农田。万历三年（公元1575年）五月，飓风海啸，土塘崩毁。次年，嘉兴府同知黄清负责修塘，仿黄光升法，续筑海盐鱼鳞石塘750丈，因其牢固耐久，被称为"万年塘"。海盐地基较好，重型石塘修筑容易成功。但海宁段土质为粉砂土，打桩困难，抗冲力低，大多仍沿用石囤木柜法筑塘，至清代改进技术后才筑成石塘。

清代对海塘的修筑十分重视，"易土塘为石塘，更民修为官修，巨工累作，力求巩固"[2]。尤其在浙西海塘上投入大量的帑金，修筑频繁。从顺治五年（公元1648年）至道光十七年（公元1837年）共修筑75次，此时期因海宁沿海成为潮流顶冲地段，所以修筑次数最多，达47次。特别是经康、雍、乾三朝的努力，将潮灾严重的海宁沿海全线，基本建成坚固的鱼鳞大石塘。乾隆皇帝还曾于公元1762年、1765年、1780年和1784年先后四次到海宁视察塘工，对海塘工程的修筑起了积极的推动作用。

清代海宁海塘主要修筑的工程如下：

康熙三年（公元1664年），海宁石塘溃决2 380丈，当时进行大修，并修尖山石堤5 000余丈。

康熙五十七年（公元1718年），浙江巡抚朱轼修筑海宁石塘958丈（塘基用木柜，上砌块石），坦水3 097丈，土塘5 106丈，开浚备塘河7 756丈。康熙五十九年，朱轼在海宁老盐仓始修鱼鳞大石塘500丈。

乾隆元年（公元1736年），大学士嵇曾筠主持筑海宁逖城鱼鳞大石塘505丈。

乾隆二年至八年（公元1737～1743年），建浦儿兜至尖山断塘头鱼鳞大石塘6 097余丈。

乾隆四十五年至四十八年（公元1780～1783年），建老盐仓西至章家庵鱼鳞大石塘3 940丈。

乾隆四十九年至五十二年（公元1784～1787年）修章家庵西至范公塘鱼鳞大石塘2 120丈。[3]



另外，在修建鱼鳞大石塘的同时，在潮势顶冲和险要地段，又修建坦水、挑水坝和盘头工程，以消减涌潮的冲击和淘刷，确保大石塘的安全；还采取开挖中小门引河的措施，使主流走中小门，减轻北岸海宁的压力。

鱼鳞大石塘的建造是海塘史上最了不起的工程，完全可与万里长城相媲美。

浙西的海盐、平湖段海塘清前期也多次修筑。该段海岸多属“铁板沙”，海潮从沙上直奔塘身，因此海盐海塘“全在塘身捍御”，故讲究塘身的石块砌筑方法。

清代经康、雍、乾三朝大修浙西海塘，已在险工地段修筑鱼鳞石塘，次险工地段修筑条块石塘，石塘的全线建成有效地防御了海潮的侵袭。嘉庆以后，海塘大规模的修筑工程大为减少，这与前期塘工发挥的作用是分不开的。清后期浙西海塘的规模，据道光十九年（公元1839年）统计，海宁有东西石塘共长17 020丈，柴埽塘12 810丈（筑在鱼鳞石塘前面），海盐、平湖有土石塘共17 680丈。

（二）江南海塘

明清时期江南海塘以金山、华亭（今松江）、宝山一带最为险要，修筑次数最多，并筑有局部的石塘；次为太仓与常熟，海塘渐向长江口西北延伸；奉贤、南汇、川沙等地海岸则趋于向外淤涨，为了防御台风暴潮，不断向外修筑海塘。

明代修建江南海塘共14次。重要的有：洪武年间筑长江口地区海塘，南起嘉定县，西北跨刘家河，长1 870丈。永乐二年（公元1404年）夏原吉治水时，督修华亭、嘉宁等处海塘，将原来高一丈的海堤，增高到二丈。成化七年（公元1471年）秋，江南大风海涌，冲垮不少土塘，农田受淹，人畜溺死。八年，巡抚毕亨、松江知府白行中主持修筑海塘，东自嘉定县，经上海、华亭，西抵海盐，长52 517丈；又在宋代邱密捍海十八堰故址筑堤，起华亭戚漴，经张泾堰至平湖界河桥共长53里许，称为里护塘。[4]这是明代修筑江南海塘最大的一次工程。嘉靖二十二年（公元1543年）太仓等地筑海塘11 000多丈，海塘已从刘家河北延至常熟县界。因南汇嘴外涨，万历十二年（公元1584年）修筑上海、川沙、南汇等县外捍海塘9 250.5丈。崇祯六七年（公元1633－1634年）连遭大潮侵袭，华亭县漴阙海塘屡被冲决，海水流入内河，数千顷农田被淹，松江知府方岳贡、华亭知县张调鼎创建漴阙石塘，叠石10层至12层不等，长289丈，此为江南海塘修筑石塘之始。崇祯十三年（公元1640年）又续筑石塘228丈。

清代修筑江南海塘共80余次，以华亭、金山、宝山修筑次数最多。华亭、金山海塘正当海潮冲击地段，修筑频繁。从顺治至康熙年间修筑华亭海塘达10余次。到康熙四十七年（公元1708年），明代所修漴阙石塘被海潮冲啮多处败废，孤露水中，海岸随之坍削，向里另筑捍海土塘。雍正二年（公元1724年）七月台风大作，海潮泛滥，吏部尚书朱轼勘查浙江及江南沿海塘工，提出将金山卫城东至华家嘴（属今奉贤县）6 200余丈土塘中的险工3 800丈改为石塘。雍正四年开始修筑，七年竣工。朱轼设计的石塘是一种轻型条块石塘，同时大修外护土塘。之后又续建石塘，将这一带土塘全部改建为石塘，共长6 687丈。雍正八年，江苏巡抚尹继善在华亭土塘外创建桩石坝，又名玲珑坝，是从塘脚向滩地伸展的阶梯形多层桩石护坦，能削弱波浪的能量，保护滩地和塘身，之后在江南海塘推广。

奉贤、南汇、川沙一带海岸，由于海滩外涨，先后增筑了三重海塘，为围垦海



涂创造了条件。

宝山、太仓、常熟三县海塘位于长江口区。自明万历以来，长江主流从走北支入海改为南支入海，宝山内坍严重。明代后期，原宝山县城（吴淞所）和宝山所城均沦没于海。清前期长江南支流量继续增加，宝山滩岸仍渐蚀坍。雍正十一年筑宝山江东（吴淞江口东）土塘 4 100 丈，第二年筑江西护城土塘，并筑衣周土塘（实为黄浦江堤）。乾隆时宝山修海塘近 20 次。道光十五年风潮冲塌宝山江东江西海塘 5 000 余丈，随后江苏巡抚林则徐等大修宝山土石塘工，在谈家浜、小沙背等处旧塘内另筑新塘，在土石塘外修各种护塘、护滩桩石坝及拦水、挑水各坝，海塘面貌有很大改善。太仓旧土塘长 5 408 丈，乾隆年间多次修筑，如乾隆十七年筑自浏河口至支塘界海塘，长 50 里。常熟县海塘最早筑于乾隆十九年，东起铛脚港，西至耿泾港止，共长 60 里，此时塘外滩涂有二三里之遥。咸丰、同治以后，岸滩崩坍严重，开始在顶冲地段筑护滩坝和拦水坝[5]。清代，江南海塘大量修建护塘、护滩工程，取得许多技术成就。

二、石塘、鱼鳞大石塘建筑技术

明清时石砌海塘结构不断改进，创造了多种形式的海塘。

（一）杨瑄陂陀石塘

明代成化十三年（公元 1477 年）按察副使杨瑄在海盐筑陂陀塘 2300 丈。光绪《嘉兴府志》卷三〇《水利》引《海盐图经》说：“杨公塘盖仿荆公居鄞修筑定海塘式。”即筑的是陂陀石塘。其筑法：“每丈用浙中薄麻石六十余块。砌法如斜坡，用杀水势，石底之外俱用木桩以固其基。初下石块，亦用一横石为枕，循次竖砌，里用小石填心，外用厚土坚筑，工料之费甚少。”见图 4－2－1－1。

此塘砌筑容易，省工省料。用整齐条石竖砌，有较好的嵌固作用，条石与土体之间有小石垫层，起过滤层及反滤的作用，这种陂陀塘的结构是符合科学原理的。陂陀塘的坡度平缓，抗防浪效果好，适于以风浪为主的海岸。然因海盐潮流强烈，过若干年此塘仍然圮坏。而在杭州湾南岸大部分海塘砌成陂陀形石塘，其结构与杨瑄陂陀塘大同小异。如清乾隆十六年（公元 1751 年）镇海县令王梦弼修筑的陂陀塘，是先筑土塘，然后在迎水坡上埋砌七道条石作“龙骨”，在“龙骨”之间铺砌片石六排为“幔板”，以横贯纵，幔土为塘，塘身顶尖脚阔如勾股状，直高二丈，斜面长三丈七八尺不等（民国《镇海县志》卷五水利）。见图 4－2－1－2。明清时陂陀石塘的传统筑法已经成熟。

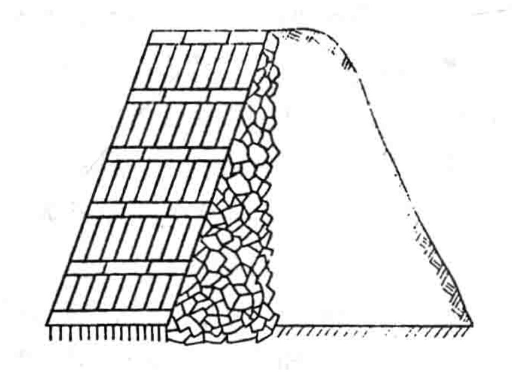


图 4－2－1－1　明杨瑄陂陀形石塘示意图
（选自《海塘录》）

图 4－2－1－2　清王梦弼所筑陂陀塘示意图



（二）谭秀、王玺重力式石塘

明代弘治元年（公元1488年），海盐知县谭秀看到陂陀塘不能抵御直冲的猛烈潮流，于是改建重力式石塘，"下施木桩，上加以石，纵叠于外，横叠于内，外渐收缩以杀潮势，内则上下齐直，筑以土，以防侧倒。石塘下阔一丈五尺，上阔一丈，高一丈八尺。土塘厚一丈八尺，高二丈二尺，每一丈用木桩六十三根，石一百九十五块"。[6]此塘吸取了元末叶恒筑余姚石塘和王永筑上虞石塘的方法，采用打基桩和条石纵横叠砌，筑成直立式桩基石塘。海盐修筑重力式石塘自此开始。

弘治十二年（公元1499年），海盐知县王玺又对谭秀的筑法加以改进。"砥方石，纵横交错为之。其法有一纵一横，有二纵二横者，下阔上缩，内齐而外陂陀，形势隆固，屹立潮冲不坏。"[7]将谭秀的"外纵内横"叠砌法改为"纵横交错"骑缝砌法；石料加工方正，尺寸一致。因此，塘身砌筑紧密，石块之间互相牵制，增加了塘身的防渗性和整体性，数十年不坏。嘉靖二年（公元1523年），"秋潮大作，泛滥百里，旧堤悉圮，督水郎中林文沛究所圮处无虑数十处，而王知县所筑独存"[8]。所以将王玺所筑塘称为"样塘"，林文沛即按此塘筑法修筑被潮冲坏的海塘。

（三）黄光升五纵五横鱼鳞石塘

明代嘉靖二十一年（公元1542年），浙江水利佥事黄光升对石海塘加以改进，发明了五纵五横桩基石塘，并在海盐试筑三四百丈。这种海塘是一种重型直立式石塘，其筑法记载在他所著的《筑塘记》[9]中。文中称："先去沙涂之浮者四尺许，见实土乃下桩，入之必与土平，仍旁筑焉，令实。乃置石为层者二，是二层者必纵横各五，令广，拥以土，使沙涂出于上，令深，皆以奠塘基也。层之三若四，则纵五之，横四之。层之五若六，纵四之，横五之。层之七若八，纵横并四之。层之九与十，纵三之，横五之。层十一十二纵横又并三之。层十三十四，纵三之横二之。层十五，纵二横三。层十六，纵横并二。层十七，纵二横一。层十八是为塘面，以一纵二横终焉。石之长以六尺，广厚以二尺，琢之方，砥之平，俾紧贴也。层表里必互纵横作丁字形，弥直罅之水也。层中横必稍昂作幞头形，弥横罅之水也。层相架必跨缝而置作品字形，以自相制，使无解散也。层必渐缩而上作台阶形，使顺潮势无壁立之危也。如是又坚筑内土，培之若肉之附骨，然可免坍溃矣。"方法是先开槽清基，在实土上打下数排桩，桩木与土平，并夯实旁土，然后在上面砌二层纵横条石，作为塘基工程。再向上纵横交错砌缝叠砌第三至第十八层条石。因这种石塘条石逐层微微内收，一层压着一层，呈鱼鳞状，其塘基部分采用五纵五横的砌石方法，故称作五纵五横鱼鳞大石塘。

黄光升所筑的鱼鳞大石塘有许多优点：（1）重视塘基处理。先清浮土，见实土后打木桩，再夯实基础，使塘身砌在较为坚实的基础上，有效增强了地基承载力。（2）塘身稳定性增强。砌塘的条石比以往石塘增加，这样塘身自重增加，稳定性加强。所筑石塘，底阔四丈，顶阔一丈，高三丈六尺。每建筑长六尺的石塘，要用247块条石，体积合今为194.24立方米，自身重量为524.45吨（设石料比重为2.7吨/立方米），成为历代最重型的石塘。其造价昂贵，"塘成一丈率用银三百两"。（3）塘身整体性加强。塘石强调规格一致，加工考究，"琢之方，砥之平"，使石块与石块紧密接合，并且"纵横作丁字形"砌筑，增加塘身的整体性，阻止

从上向下沿缝隙的渗水。（4）塘身抗冲性增加。砌石“层中横必稍昂作幞头形”，即里面的横石稍比上游方向的砌石高，这样使砌石的纵、横缝隙相互错开，阻止横向的渗水形成。并且“层相架必跨缝而置作品字形”，砌石互相牵制，增加塘身结构强度，因而抗冲性能好。（5）塘身消能性提高。迎水面作成“阶梯形”，可起消力作用，削弱迎面潮浪的冲击力，使“无壁立之危”，提高塘身的抗冲能力。可见，这种鱼鳞石塘具有很强的整体性、稳定性、抗冲消能性和防渗漏性，技术原则符合科学，能经久不溃。光绪《海盐县志》卷一四《名宦录》评价说：黄光升“备讲叠石纵横之法，综理精详，后皆遵用其议”。清代大规模修筑鱼鳞石塘就沿用这种筑塘方法。见图4－2－1－3。

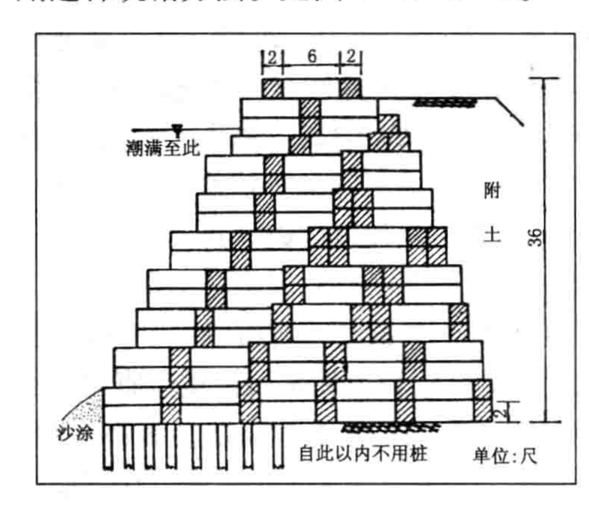


图4－2－1－3　明代五纵五横鱼鳞大石塘

（据《海塘录》绘制）

（四）朱轼鱼鳞大石塘

清代康熙五十九年（公元1720年），浙江巡抚朱轼在海宁老盐仓修筑了500丈鱼鳞大石塘。其筑法：“塘岸用长五尺、阔二尺、厚一尺之大石，每塘一丈，砌作二十层，共高二十尺。于石之纵铺、侧立两相交接处，上、下凿成槽筍嵌合连贯，使其互相牵制，难于动摇。又于每石合缝处，用油灰抿灌，铁镂嵌口，以免渗漏散裂。塘身之内培筑土塘，计高一丈，宽二丈，使潮汐大时，不致泛溢。塘基根脚，密排梅花桩三路，用三合土坚筑，使之稳固。”[10]结构与明代的鱼鳞石塘比较，有明显的四点改进：一是塘石上下左右与其他塘石交接处凿有槽榫。二是所有合缝处用油灰灌抹。三是条石与条石用铁镂嵌扣。四是基础不仅打入密排梅花桩，还用三合土填筑夯实，这样塘基更加稳固，提高了地基承载力。因此，这种鱼鳞大石塘的整体性、稳定性和防渗性更强，技术更加先进，能经受潮流的冲击。见下页图4－2－1－4。海宁沿海一带在乾隆时期，因钱塘江南大门基本已淤，海潮主流多从北大门出入，潮灾严重，从前修建的旧塘“俱难经久”，而只有朱轼修建的500丈鱼鳞大石塘安然无恙，故而在海宁险工地段得到推广。

（五）嵇曾筠鱼鳞大石塘

乾隆初年，嵇曾筠主持修筑海宁鱼鳞大石塘6097丈。其筑法：“塘身高十八层者，每丈用厚一尺，宽一尺二寸，条石一百一十八丈三尺三寸三分，石有厚薄不等，以丁顺间砌，参差压缝，计高一丈八尺为准。顶宽四尺五寸，底宽一丈二尺，内除收顶盖面石以及铺底盖桩石各一层不留收分外，自底上第二层至十二层，每层外留收分四寸，内留收分一寸。又自十三层至十七层，每层外留收分三寸，内留收分一寸，共留收分七尺五寸。底宽一丈二尺，外口钉马牙桩二路，以御潮刷。桩缝中心重石之下，担负全力，钉马牙桩一路及后一路，共四路……马牙桩用围圆一尺五寸，长一丈九尺之木。梅花桩用围圆一尺四寸，长一丈八尺之木。塘身九层以下，外砌坦水保护，不扣锭、锔外，自第十层、十二层、十四层、十六层，每层每丈扣砌生铁锭二个，熟铁锔二个。又收顶盖面



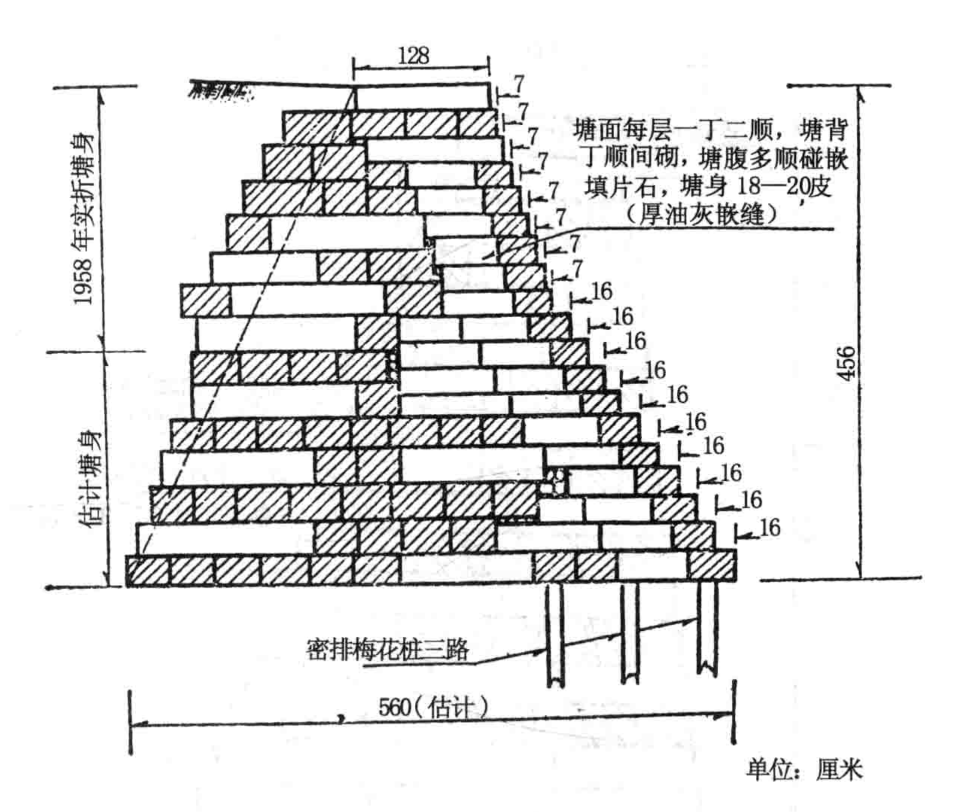


图4-2-1-4　清代朱轼鱼鳞大石塘

（选自《太湖水利技术史》）

石一层，前后扣砌生铁锭一十六个。每条石一丈，用砌灰五斗，每砌灰一石，用汁米五升。”[11]每丈用石料约46立方米，重125吨左右。

嵇曾筠所建鱼鳞大石塘在技术上又有改进。一是加强了基础处理。在塘基外口迎水面打入二路密集的马牙桩，其结构接近于现代工程中的板桩。中央和内口（背水面）各打一路马牙桩，桩木围周一尺五寸，长一丈九尺。这些马牙桩减少了基础的不均匀沉陷，增加了塘基的承载力，能防止潮流淘刷基土，加强塘身的安全性。二是在塘身第九层以下，迎水面砌坦水保护塘基，使塘基更加稳固，提高海塘工程的使用寿命。三是条石砌筑时，采用糯米汁石灰黏结，增强了塘身的整体性。

乾隆时期，曾不断地修建这种鱼鳞石塘。因为鱼鳞石塘自身重，所以基础必须打桩。但是，海宁一带多粉砂土，浮沙打桩很是困难，“一桩甫下，始多捍格，卒复动摇”，打下木桩，沙散不能固木，有时木桩会自动冒上来，出现“活沙旋吐桩”的现象。乾隆四十八年（公元1783年）建老盐仓西至章家庵这段鱼鳞石塘，就是解决了浮沙打桩这一关键问题。当时采用一位有经验的老塘工的建议：“用大竹探试，俟扦定沙窝，再下桩木，加以夯筑，入土甚易。”“梅花桩以五木攒作一处，同时齐下，方能坚紧，不致已钉复起”。[12]按此法打桩，果然有效。

乾隆以后所建鱼鳞石塘普遍在塘基打入马牙桩和梅花桩，所筑塘身结构基本一样。见下页图4－2－1－5、图4－2－1－6。

（六）条块石塘

鱼鳞大石塘造价昂贵[13]，为了节省工料，降低造价，于是在浙西次险工段修筑规格稍低的条块石塘。筑法：“外用条石叠砌，内用块石桩木可减鱼鳞石塘之半，施工少易而成事较速。”[14]这种塘身结构，迎水面仍用条石砌筑，而背水面用



48　144　15@12.8=192
生铁锭
3.2　12.8
17@32=544
外顺石上扣砌生铁锭及熟铁局各两个
塘身用汁米石灰砌筑（条石尺寸 32×32×144）
14$^{\phi}$×576 梅花桩中对中 32
13$^{\phi}$×608 双排桩（马牙桩）
14$^{\phi}$×576 排桩（马牙桩）
35　35　35　35　35　35　35　35　35　44　25
384
单位：厘米

图 4－2－1－5　清代乾隆鱼鳞大石塘

（选自“钱塘江海塘塘身代表断面图”）

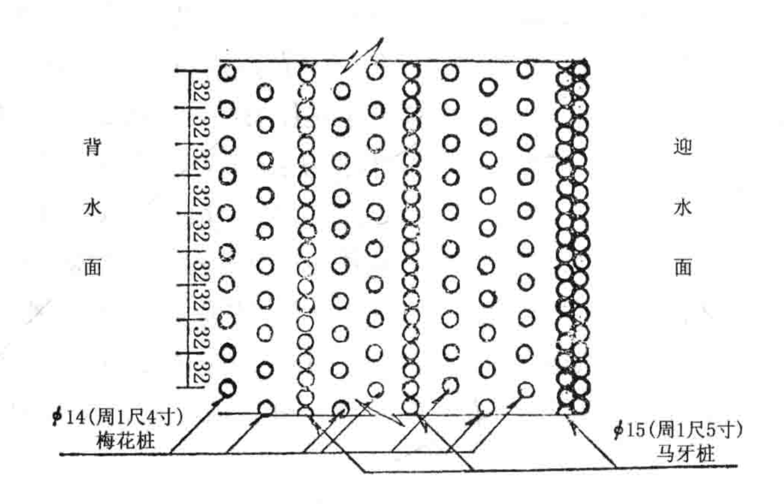


图 4－2－1－6　清代鱼鳞石塘基桩平面布置图

（选自《海塘录》）

块石砌筑，节省了条石用量，其夫役木石等费用只是鱼鳞石塘的三分之一，施工容



易进度快。见图4-2-1-7。

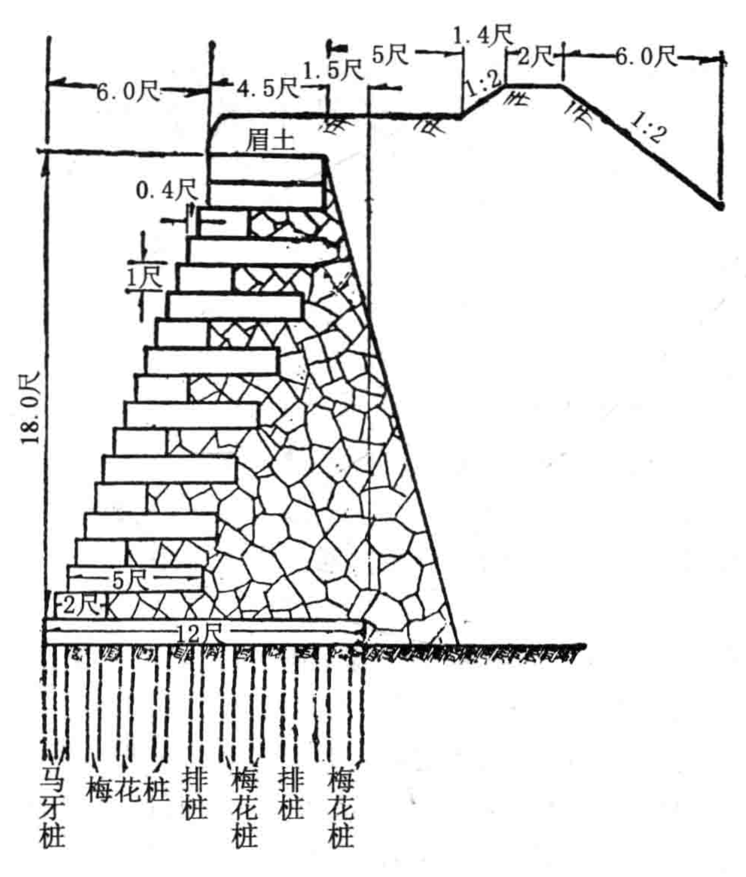


图4-2-1-7 清代乾隆条块大石塘

（选自《太湖水利技术史》）

清代在江南海塘所筑的石塘，多为轻型条块石塘。雍正四年（公元1726年）朱轼在华亭县修筑石塘，吸收了浙西鱼鳞石塘与条块石塘的长处，而造价又比较便宜。其做法："用一丈长木桩四十根，钉没土内，桩间杵筑，使底土坚实。上铺条石，纵横相间，每石一块，长五尺，阔一尺，厚一尺五寸。下三层，每层用石二十块。三层以上，每层收进五寸，第四层用石十九块，第五层十八块，第六层至九层，三面铺砌条石，中间填塞碎石。自基至顶，砌石十层，盖顶一层，平铺条石十块。贴附土塘，宽二丈三四尺，高出石顶五尺。"此塘一丈用石123块，工料及施工费共用银45两多。[15]筑后效果不错。雍正八年（公元1730年），续建华亭条块石塘，工程措施又有改进，在海塘外层纵横铺砌之石，俱添用铁笥、铁销，即在两石层累之处，凿一孔，用铁笥穿合，使上下联结；又于横石排结之处，各于头尾凿孔，用铁销关住，则左右贯穿，通身之石，联络一片，"虽有风浪冲击，不能撼动，较之用铁锭搭钉浮面，易于脱落者，相去悬殊"[16]。乾隆时此技术在华亭海塘应用普遍。光绪三年（公元1877年）海宁所筑鱼鳞大石塘也移植了这一技术，于塘石外层"添用铁销、铁笥联为一气"①，石上凿孔太多，恐致损伤，还改用机器钢钻车孔。

三、护塘、护滩技术

海塘直接抗御波涛汹涌的潮浪，经日夜不断地冲击淘刷，会搜空塘脚引起坍

① 清·李辅燿《海宁念汛大口门二限三限石塘图说》，光绪七年刊本，第1页。



塌，或将塘身逐渐剥落，或受暴潮侵袭而决毁。滩涂泥沙也会被风浪掀动并随水流输移，使滩面淘深后退，从而威胁海塘的安全。人们在实践中逐渐认识到要修建护塘、护滩工程，以削弱潮浪的力量，使泥沙在滩涂落淤，利于保护海塘，使工程持久地发挥效益。明清时期护塘、护滩工程有很大发展，除继续使用挡浪桩外，又创造了坦水、护塘坝、护滩坝、拦水坝、挑水坝、盘头等一系列护塘、护滩工程。

（一）挡浪桩

这一工程措施在五代吴越时期已经使用，吴越王钱镠修建杭州海塘时，在塘外打木桩十余行，称为“滉柱”，用来消减波浪对堤防的冲击力。南宋唐叔翰在镇海筑石塘时也于塘前“植万桩以杀其冲”。这一技术明清时继续使用。明万历初黄清修筑海盐鱼鳞石塘，“塘外植挡浪木如篱，实以砂碛护塘”。[8]这种挡浪桩已向桩木护塘坝发展。但是，设置挡浪桩要耗用大量木材，木桩又容易腐朽。后来，一些地方在海滩上种植适于当地生长的树林，如福建、广东种植的红树林，形成防浪林带，消波缓流，促使泥沙落淤，起到积极保滩护堤的作用。

（二）坦水

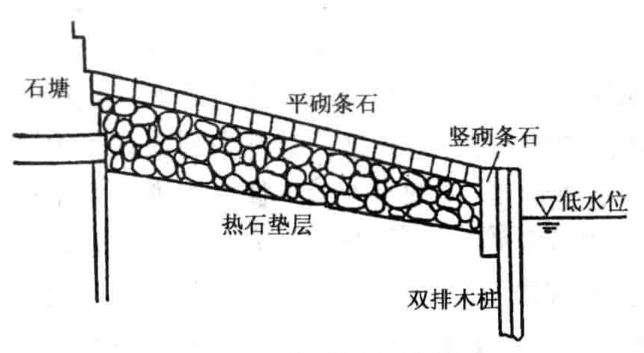
是修筑在塘前，用以保护塘脚免受浪潮冲刷的工程。此类工程北宋时已经创制，庆历四年（公元1044年）杨偕、田瑜修筑杭州石塘时，在塘前设置装石竹络护坦。但这一工程技术的广泛应用和发展，是在清代。康熙年间朱轼修海宁石塘，为了解决海宁“沿海俱属浮沙，潮水往来荡激，日侵月削，塘脚空虚，虽有长桩巨石，终难一劳永逸”[10]的问题。除了加固塘根和塘身外，附塘另筑坦水，其结构：“高及塘身之半，斜竖四丈，亦用木柜贮碎石为干，外砌巨石二三层，纵横合缝，以护塘脚。”[10]成为木柜块石坦水。当时修筑坦水长3 097.5丈，经实际使用，护塘效果很好，遂在浙西海塘推广开来，并发展成多种结构形式。根据砌石方式的不同，可分为平砌、竖砌、靠砌等条石坦水。乾隆初稽曾筠修筑海宁鱼鳞石塘时，在塘前筑两层平砌条石坦水，其方法是：先于每层坦前打排桩两重，然后用块石砌筑填层，厚三尺，最后用条石平砌盖面，厚七寸，每层坦水宽一丈二尺。[11]平砌条石坦水在一般海岸效果较好，但在涌潮地段，平砌的条石易被海浪掀起冲走，于是把盖面条石从平砌改为靠砌。由于条石块块搭压，相互牵制，抗潮防浪效果更好。在涌潮特别强劲的地段，发展成竖砌条石坦水，条石层层密叠，不易被潮浪牵动，但耗费石料较多。条石坦水见下页图4－2－1－8，修建中坦水的层次不断增加。如钱塘江海塘一般为二层条石坦水，在险工地段，有多层坦水，分别称为“头坦”、“二坦”、“三坦”，里高外低，斜坡而下。见下页图4－2－1－9。

还有以竹络和埽工作为护坦的，一般修筑于柴塘前。

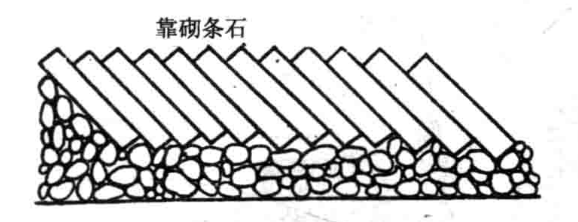
（三）护塘坝

又称玲珑坝，修筑于江南海塘，是海塘的外护工程。始建于清代雍正八年（公元1730年），由江苏巡抚尹继善创筑。“初有数名，其最内者谓之坝，其外二重递减其高谓之坦坡，最外益减谓之坦水，实则一坝重叠为固。”[17]其筑法：“分别潮势缓急，复于土塘外建石坝一二三四层不等，内高外低，形如阶级。第一层在土塘之外，约计五尺，用一尺六寸围圆桩木，长二丈二尺，排钉竖筑，出土九尺，中填碎石，谓之单坝。又于单坝外五六尺，用一尺四寸围圆桩木，长一丈八尺，出

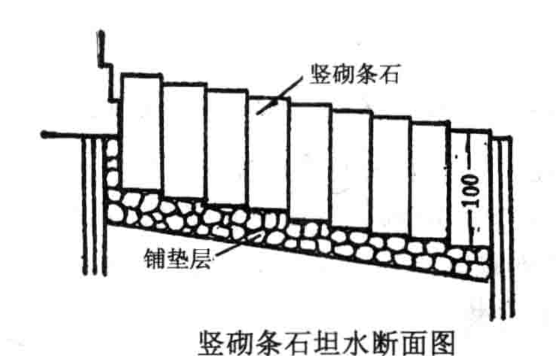




平砌条石坦水示意图



靠砌条石坦水示意图



竖砌条石坦水断面图

图4-2-1-8 清代条石坦水结构图

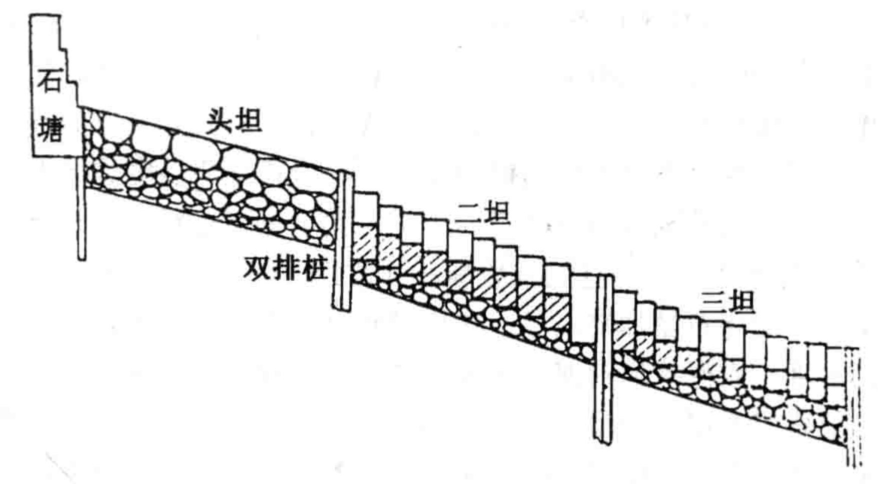


图4-2-1-9 清代坦水工程示意图

土七尺，中填碎石，亦与桩齐。又外四五尺，用一丈六尺桩木出土五尺排筑，填石齐桩。此二层均名坦坡。坦坡外四五尺，用一丈四尺之木签桩二层，出土三尺，将中间浮泥挖起二尺，填石共五尺，亦与桩齐，是名坦水。凡桩木入土，总以一丈一尺为度，中有碎石填实。潮浪冲击，随起随卸，能杀潮力，故有玲珑坝之名。”[18]



是在塘前依次打入不同高度的排桩，桩间充填碎石，形成由排桩与石块层层相间，多层次的阶梯形工程。玲珑坝比坦水护塘效果更好，由于由多重桩石坝组成，可避免大浪直拍塘身；采用碎石填筑，对水流的摩擦力增大，波浪向上拍的时候，逐渐消耗其能量，下泻的时候减弱其底流流速，避免淘刷塘脚。护塘坝的这些作用，清代治海塘家也认识到了，他们说："潮至而猛，御之以迤祟则柔；潮落而疾，泻之以等级则濡，柔其撼力，故坝虽冲突不伤；濡其引力，故坝虽残敝不倾。"[17]因此很推崇护塘坝，"杀潮势而护土石塘者，尤莫善于玲珑石坝"[18]。因玲珑石坝为阶梯形多层桩石土，消能防冲作用好，所以称为"正工"。工程上以海塘的险要程度，钉用桩石一层或二三四五层不等。护塘坝用桩木的称为桩石坝，也有不用桩木者，则名为石坝。护塘坝的创建在塘工技术上是一大进步。见图4－2－1－10。

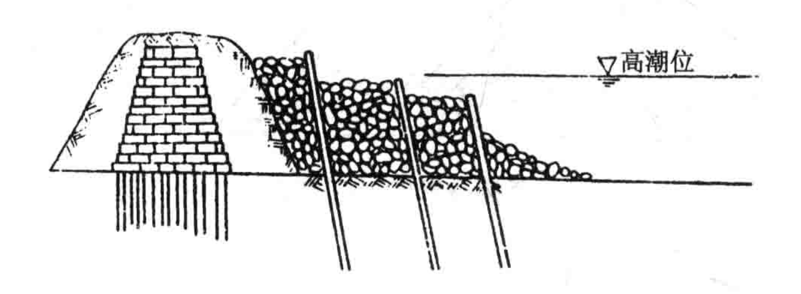


图4－2－1－10　清代雍正护塘坝断面示意图

护塘坝长期受潮流冲蚀，坝脚下的土层易被潮流淘去，清代又在护塘坝的外坡修建"石坦坡"工程，用来保护坝脚。石坦坡的修筑可以砌石，或者抛石成坡，其形状宜广不宜高。《江苏海塘新志》卷六说：一般以高一尺，广十尺为宜。它可减少护塘坝的层数，节省工程量。石坦坡也能用以护塘或护滩。

（四）护滩坝和拦水坝

它们都是保护塘外滩地的工程建筑，沿海塘平行顺筑。创建于清代道光十七年（公元1837年）。此年夏秋大风潮，华亭县外护土塘西段均被冲没，江苏巡抚林则徐下令府县修筑。当时松江知府文康等勘查后认为："华亭海塘内系石塘，两面包工，外系土塘，钉砌桩石，名曰玲珑坝，其法最良，亟应修复，以为重门保障。然海塘之险夷，总以塘外之老滩宽窄高低为断。华亭玲珑坝所以屡修屡坍者，实因外无老滩。……现在石塘外老滩最宽者三四十丈，其余宽不过数丈及十余丈，平潮每至塘脚……外无老滩之土塘，岂能抵浩瀚汪洋之巨浪。"[19]在这种情况下，决定不再修复外护土塘，而将石塘加高培厚，壅土筑坦坡，"又外加钉桩石"为卫，并加筑护滩坝和拦水坝，以保护塘前滩地不被侵蚀，护滩坝和拦水坝自此开始采用。

护滩坝一般建筑在岸滩边缘地带，滩唇以内数尺处，"潮至或没，潮落仍见，石不留水，第停其淤"[17]。作用是防止冲刷，护滩促淤，达到保护塘脚的目的。其形制应用得较多的是：中间打排桩两行，内外填石，筑成两桩夹石的桩石坝，坝"不主高而主广"，这样有利于护滩，坝高六尺，基广九尺，顶宽四尺[17]。见下页图4－2－1－11。护滩坝一般只筑一道，但也有特殊情况。如《江苏海塘新志》卷六《材工》称："凡为护滩坝率不重，昭文（今江苏常熟县）野猫口之坝，状如护塘，增至三四，内并筑土，役为创见，他处不更有也。"由于野猫口一带直受潮



冲，所以修筑多重护滩坝。

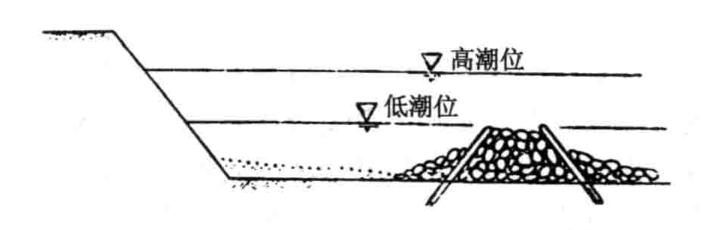


图 4-2-1-11　两桩夹石护滩坝

拦水坝作用与护滩坝相同，它修建在离护滩坝更远的海滩上，是“滩之遥卫也”，大致建于“滩唇之下，伏滩之上”[20]。它的形制与护滩坝相同，有三桩二石、二桩一石和双石夹桩等形制。一般坝顶高程稍低于平均潮水位，潮水可从坝顶越过，成为一种潜坝。这种坝有利于底部含沙量高的水流越坝进入坝内沉积，同时能消减波浪，减弱潮流对海堤的冲击。海潮能量削弱后，促使水中悬沙在坝内落淤，坝内滩地逐渐淤高，有利于保护岸滩和塘脚。见图 4-2-1-12。

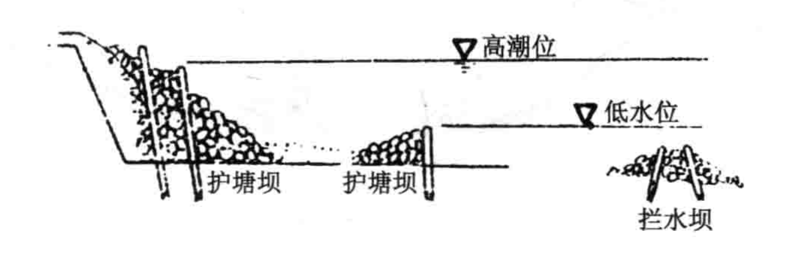


图 4-2-1-12　护塘、护滩、拦水坝布置示意图

（五）挑水坝和盘头

挑水坝与海堤斜交，实际是一种丁坝，此坝伸入海中，将潮流挑离岸边，以保护海堤安全，同时拦截沿岸漂沙，使之落淤，也有保滩促淤作用。《江苏海塘新志》卷六称：“挑水坝者，保护未危，豪障以为卫也。”对保护海堤具有更积极的作用。

挑水坝最早修建在浙西海塘上。雍正年间在海宁修建了著名的挑水工程——尖山石坝（又称塔山石坝）。此坝利用海宁海岸边的天然山体小尖山作为坝根，又利用与小尖山相距 200 丈，突兀海中的塔山为坝头，中间砌筑石坝，成为坝身。修筑尖山石坝是因康熙中叶江海走北大门以后，“江水大溜紧贴北塘，直趋尖山、塔山之间，而海潮激塘，护沙日刷”[21]，对海宁海岸构成严重威胁，为了保护海塘的安全，决定修建尖山石坝。工程从雍正十二年（公元 1734 年）开始。由于两山间水深流急，浅处深四五六丈，中流深十二三丈不等，施工艰巨，当时想了一些办法。先在尖山西面文武庵附近先筑一道鸡咀浮坝，使江流顺坝而出，不致直冲尖山水口，改善施工条件。又插标杆于水中定位，以便船只抛石填筑。在尖山脚下岸边，用竹笼装石挨砌推叠。遇到急流处，用铁锚铁鹿角挂缆安放。然因波涛汹涌难于合拢，雍正十三年稽曾筠奏请停工，已堵过石坝四段共长 120 丈。乾隆四年（公元 1739 年）巡抚卢焯阅视未堵口门 80 丈已经积有浮沙，最深处不过一丈八九尺，疏



请仍用竹络装石乘势接筑合拢。于乾隆五年二月开工至闰六月告竣[22]，筑成“横截海中，直逼大溜”（《海塘录·卷首》）长793米的巨大石坝，保护了尖山以西一带海塘的安全，成为海宁东塘的一项重要工程。

尖山石坝是海塘工程史上的一大杰作。它巧妙地利用天然地形布置坝体，丁坝坝头因伸入海中，遭受冲刷严重，而尖山石坝利用海中塔山作坝头，安全性大为提高。在海流汹涌的海中砌筑长200余丈的挑水坝，从建筑规模来说很为壮观。坝型结构采用堆石坝，施工时以块石装入竹笼，由浅至深堆筑，可免漂流之患，这种施工方法也为后世所重视。尖山石坝是新中国成立前钱塘江强潮河段唯一的坝顶高于高潮位的挑水坝，自建成后一直屹立于巨涛洪波之中，这一挑水坝工程技术以后在海塘上得到普遍的应用。见图4－2－1－13。

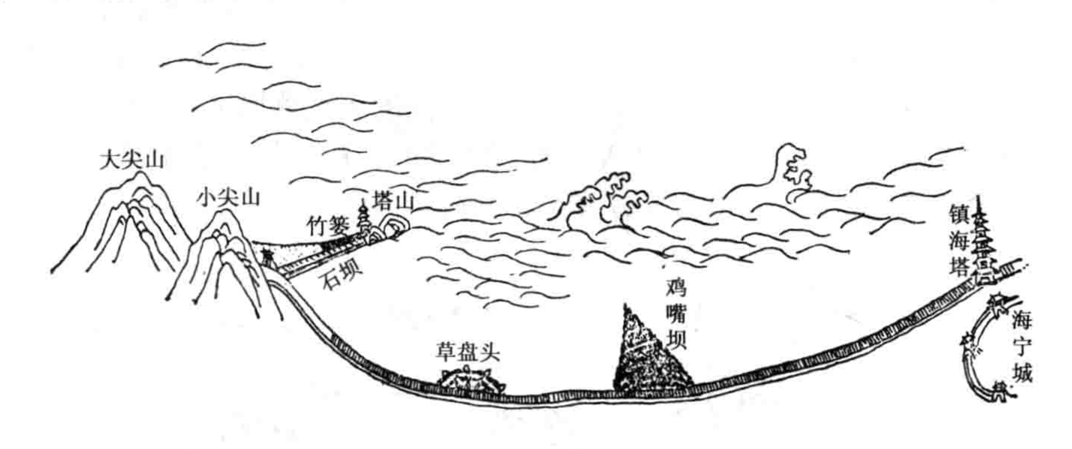


图4－2－1－13　清代尖山石坝工程

（选自《两浙海塘通志》）

海宁章家庵向西至杭州乌龙庙的范公塘（范仲淹后裔范承谟主持修建故称），乾隆时期因潮流北趋，出现溜逼冲坍现象。乾隆四十六年（公元1781年）起，陆续修建挑水石坝12座，组成短丁坝群，这种结构利于坝格之间泥沙落淤。第二坝、第十坝和第十二坝建于迎溜之区，挑溜作用尤为显著。于是岸滩转危为安，乌龙庙以东2930丈土塘，原议改建成石塘，也不再实施，继续添建挑水坝挑溜挂淤，效果甚佳。[23]见图4－2－1－14。

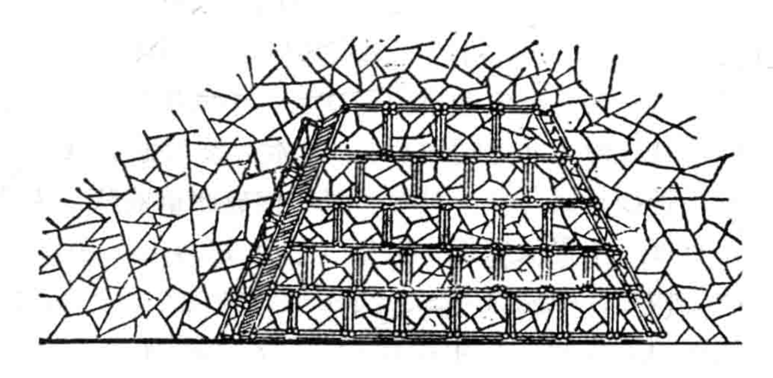


图4－2－1－14　杭州范公塘挑水石坝图

江南海塘的挑水坝也称龙鳞坝，始筑于道光年间，后陆续修建。主要分布在华亭西塘、宝山西塘和昭文许浦口西岸，皆位于潮流顶冲地段，一般修筑双桩夹石挑



水坝，坝最长达100多丈。《江苏海塘新志》卷六《材工》总结挑水坝修筑的技术经验时指出，挑水坝的方向既不能与潮流垂直，也不能与潮流平行，而要与潮流斜交才最有效。即“迎而拒之必无功，侧以矶之乃有效”。这是根据当地潮流的具体情况得出的实践经验。

盘头也是一种防冲挑水工程，形如半月，靠筑于塘身。按建筑材料分，有柴盘头（又称草盘头）和石盘头两种。康熙以后，钱塘江潮流北趋，浙江海宁沿海成为顶冲地段，“护沙洗刷无存”。康熙四十一年（公元1702年），张泰交在杭州附近的钱塘江塘“徽塘”处，修筑一座石矶，“状如偃月，使海涛喷薄而来者与矶相触，不得直逼徽塘，即上流山溪之水瀑泻而下，遇矶迴环势遂涣散”[24]。雍正七年（公元1729年）浙江巡抚李卫提出，于海宁西塘砌筑石土，东塘“于陈家港、小文前、薛家坝及念里亭等处分筑挑水盘头大草坝五座，堵御顶冲，使水势稍缓，可引涨沙渐聚”[25]。八年在西塘筑草盘头三座。单个盘头挑流作用不明显，主要能抵御顶冲，使局部海塘化险为夷。草盘头的修筑方法：“周围签钉排桩，中填块石竹篓，深入软泥之下，作为底脚，上加埽料压盖。”顶上钉长桩深贯其底。以后改为分三层压埽打桩，分别称为底桩、腰桩和面桩。草盘头高约三四丈，外围长三四十丈，内直长一二十丈不等。[26]如盘头密集成群，则挑流作用增强。为防止盘头回流冲击附近塘岸，又在盘头两侧增筑雁翅，“使潮头得以两面顺势扫出，不致壅遏冲击”。石盘头用条石环砌，其形状和作用同草盘头，但工程较为耐久。见图4－2－1－15和图4－2－1－16。

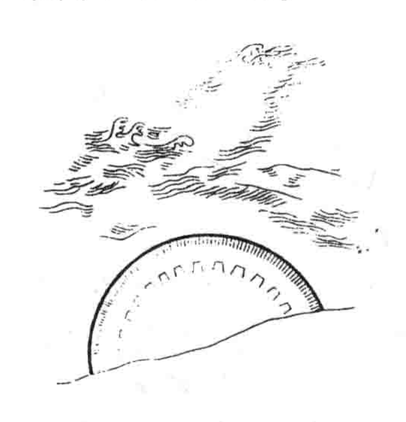


图4－2－1－15　柴盘头示意图

（选自《海塘新志》卷六）

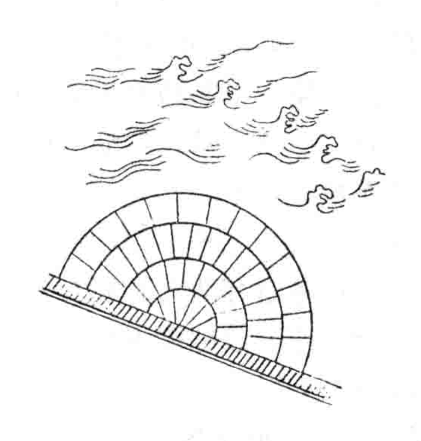


图4－2－1－16　清代石盘头示意图

（选自《续海塘新志》卷四）

江南海塘的分水坝，附于海塘，用以分流拍岸的潮浪，实际也是一种盘头。它的形状为鸡嘴形，用石砌筑，能削弱对塘岸的冲击力，也属于挑水坝性质。

明清时江浙沿海，为防止海潮的侵袭，大力修筑海塘以护岸，进而创建护塘工程，再进一步发展护滩工程，起到固基、挑溜、防冲、防渗和防坍的作用，增强了海塘的防护能力。海塘工程不再是孤立的塘身，而是由一系列工程组成。如华亭西海塘，在石塘与金山土塘相交处建有大盘头一座，道光以后在盘头西面建挑水坝一座，同治年间，又将挑水坝向西斜接筑，伸长80丈。在石塘外加土坦坡，坡外叠加桩石护塘坝一、二、三、四层不等，并加筑护滩、拦水各坝。护塘、护滩坝外又修石坦坡。见下页图4－2－1－17。这表明我国海塘工程技术取得了巨大成就，许



多经验直到今天仍有指导和借鉴意义。

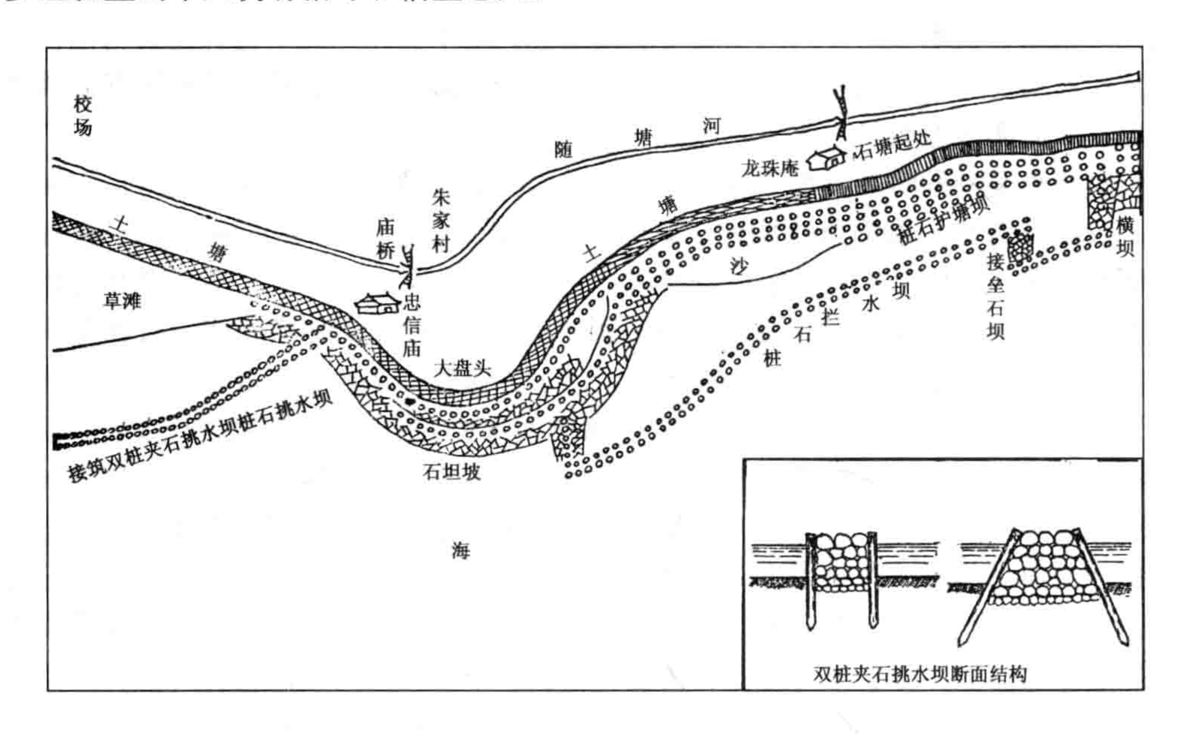


图 4－2－1－17　清代护塘、护滩及挑水工程平面布置图

（采自《江苏海塘新志》）

四、修筑海塘的技术思想和技术经验

（一）修筑海塘的技术思想

明清时期在不断地修筑海塘的过程中，人们针对海塘工程中出现的问题，进行调查研究，总结出弊端的症结所在，从而形成了较为深刻的技术思想。以明代黄光升的《筑塘记》和清代陈訏的《宁盐二邑修塘议》最为突出。

黄光升《筑塘记》[27]中阐述了他修筑海盐鱼鳞大石塘的技术思想。他认为以往修筑的石海塘有两大弊病：一是“塘根浮浅”，基础不深不牢。他说：“夫累石高之为塘，恃下数桩撑承耳，桩浮即宣露，宣露则败易。”所筑的高大石塘只靠塘基少数桩木支撑，桩又打得浅，经潮流冲刷很容易外露，引起塘身的败圮。二是“外疏中空”，塘身不实不固。他说：“旧塘石大者，郛不必其合也，小者，腹不必其实也，海水射之，声汩汩四通，浸所附之土，漱以入，涤以出，石如齿之疏豁，终拔尔。”石塘外面的条石砌筑不紧密，留有缝隙，塘内充垫的碎石不坚实，腹内空虚，海水浸入塘后附土，逐渐使塘石疏散掉落。

针对这两大弊病，黄光升提出加强塘基处理和做好砌筑塘身的要求。海塘基础处要除去浮沙四尺许，在实土上打桩，桩木与土平，并夯实旁土，又在上面砌两层五纵五横条石，拥土筑实，使所筑塘基宽广坚实。砌筑塘身的工作，要求“必内与外无异石”，条石规格必须一致，“琢之方，砥之平”，每层纵横交叉作丁字形，中间横砌条石稍作幞头，条石相叠作品字形，塘外条石稍内收作台阶形，最后于塘背拥土筑实，做到塘身密实，能防止纵横渗水，筑得牢站得稳。由于技术指导思想正确，技术措施得力，他所创筑的鱼鳞大石塘经受住了长久涌潮的冲击，为清代修筑鱼鳞大石塘树立了样板。



陈订《宁盐二邑修塘议》[28]中通过对比分析，论述了海宁和海盐因海岸动力和地质条件不同，修筑海塘亦应采用不同的技术方法。

首先他对两邑的海岸动力条件和泥沙状态作了分析比较，阐明它们各自的基本特征和相互差别。他说："宁、盐两邑虽均以海为患，而潮有横冲、直冲之异也，地有软沙、硬沙之别。"两邑虽然都有潮患，但潮浪冲击方式、海岸泥沙皆有差别，因此，对海塘的危害不同，对海塘修筑的要求也不同。陈订认为修筑海塘要因地制宜，工程措施要与海岸动力和地质条件相适应。"其横冲而沙软者，患在根脚搜空，虽有极坚极固之塘不能存立，法宜加意塘根之外坚固牢密，使沙土不虚。"受横冲潮而基础松软的地段，要求加强保护塘根和护滩工程的修筑。对于"直冲而沙硬者，塘根之沙不患其坍，止患直冲势大，非极坚极厚之塘不能抵御，法宜精讲修砌塘身之法，而根以外加功稍次"。受直冲潮而基础沙硬的地段，要讲究塘身的砌筑方法。

以海宁来说，陈订指出其地处钱塘江入海的尾闾，江潮与杭州城江干之处的潮无异，"俱横冲而过"。但海岸之沙有区别，江干地近山，沙性硬，沙滩不陡，容易捍御。海宁城近海无山，"沙土率皆性软"，而塘外之沙，是在潮头过后"长水停蓄日渐淤积，性浮体轻，冲刷甚易"，平常沙涨时，塘外沙滩有三四十里远，但潮来时横刷，在沙底搜进，使沙岸陡峻，沙面凌空，转瞬之间滩面坼裂倾塌，势如山崩，荡为浊流，杳无踪影，三数月即可坍到塘根。因此"海宁之塘，功力全在塘根之外"。采取的工程技术措施，"必于塘脚之外，沙土之中，砌出十有余丈以固其根"，就是要修筑保护塘根的工程坦水。陈订赞成采用以往行之有效的木柜法，"旧法用木栅为柜，中积小石层层排置塘外。盖用木柜则化小石为大石，而排置塘外土中，则可预防冲刷"。进而指出："其置柜也宜深，而不宜浅。"用三柜四柜层叠而起，使木柜的根脚不被冲刷。"其排柜也宜远，而不宜近"，自塘根排出十余丈之远，这样潮水不能浸灌到塘根，塘根土常能保持干坚牢固，达到保护塘脚的目的。修筑方法：柜外用长木桩密钉入地，柜外有桩，桩外复有柜，层层密钉；柜自下叠上，自近及远，俱呈品字排置，组成如陂陀之坦，近塘稍高，渐远渐深，"既御潮来之所冲刷，并护塘根可坚久矣"。

至于海盐，其南有秦驻山，北有乍浦山，相去只30余里，海盐邑居中，海岸地质因近山而坚硬，岸外为"硬沙"，俗称"铁板沙"，故塘外不患坍沙。其潮流特征是直冲海岸，"势雄力猛，而潮汐之来一冲一吸，其冲也固有排山之势，而其吸也，亦有拔山之力"。加上"潮从沙上奔腾而至，并无海宁之软沙少为抵挡"，所以陈订认为："海盐之塘，全在塘身捍御。"要以"极大极厚之石纵横鳞叠，内复帮以土塘，而后可以捍御"。他提出了具体的修筑技术要求：一是对基础进行处理，必掘深生土二尺才打入基桩，木桩必须要长要多。二是塘外排置木柜以护其桩，保护桩木，不使桩根宣露败坏。三是筑塘条石用"极大之厚石"，加工精细，"必方方相合，面面相同"。四是条石的砌筑，"以纵横之法，联之以品字之形"，使潮水不能直接从塘石缝隙中直入直出，这样海塘的密实性、整体性增强，能抗御潮流的排击力和削减潮水的冲吸力。

黄光升的《筑塘记》和陈订的《宁盐二邑修塘议》对塘工建设具有较高的理



论认识，提出了相应的工程技术措施，他们的技术思想对后世影响甚大。

（二）修筑海塘的技术经验

大体可以归纳为以下几方面：

一是根据海岸条件，采用相应结构。我国海岸线绵长，海岸环境复杂，动力条件各有差异。如钱塘江口以“涌潮”为主，潮流强烈，但有“横冲、直冲之异”。海宁的潮流是“横冲而过”，海岸又是软沙，患在搜空塘脚，所以，要建筑坚固的塘基，在软沙打入“马牙桩”和“梅花桩”，增加基础的承载力，修筑坦水、挑水等护塘、护滩工程。而海盐受潮流直冲，“海水之来不但畏冲，实尤畏吸”[29]。但海岸为“硬沙”，因此，要加重塘身，讲究塘工的砌筑方法。明代修筑过竖砌的陂陀石塘，因抵挡不了强潮流而被冲毁，后改筑为纵横骑缝叠砌石塘才取得较好效果。

江南海塘海岸以波浪为主要动力，除华亭、宝山等险工地段采用石塘外，一般以土塘为主。土塘筑成斜坡式，稳定性好，堤前反射波小。其土塘的牢固主要取决于塘外的滩涂状况，即“塘之险夷视滩，滩远则夷，蹙则险；其蹙有渐，道在予为之防”[17]。所以要建造护滩工程，保护了滩地也就保护了塘脚。

二是预见演变趋势，灵活采取对策。海岸受潮流趋向的影响，处于冲坍淤涨不断的变化之中，海岸的险工地段也变换多端。对此，明清时期在海塘工程的修筑上注意预先做好规划，确定险工、次工，采用多种措施防患于未然。如钱塘江潮主流趋北口门，则海宁一带海岸首当其冲，溜趋南门，则绍兴一带海岸坐当其险，只有主流走中小门，南、北两岸才少潮灾。明末清初钱塘江大潮以出入南大门为主，但南岸分布有断续的山丘，防御相对来说容易些。康熙年间，南大门与中小门相继淤塞，大潮直冲北岸，险象环生。康熙五十三年（公元1714年）浙江巡抚徐元梦提出开挖中小门引河，恢复江海故道的规划，经康、雍、乾多次开挖，乾隆十二年至二十四年（公元1747年－1759年）出现了大溜全趋至中小门的形势，开挖引河导诱潮流走预设的路线，这种演变甚为有利，这一时期钱塘江两岸海塘工程较为稳固。之后，由于海潮以人力不可逆转的势头改趋北大门，即筹划修建老盐仓鱼鳞大石塘，乾隆后期又筹建范公塘一带鱼鳞大石塘，其中将章家庵西至范公塘，长2120丈，列为急工，范公塘以西至乌龙庙一带，长2 930丈，列为缓工。急工于乾隆五十二年（公元1787年）完工，缓工处因土塘外沙涂宽阔，且少溜逼引起冲坍，决定停办，而在塘外添建挑水石坝，以挑溜挂淤。[30]

江南海塘的南汇嘴一带明代中叶以后外涨迅速，在其尖端分潮作用下，潮流直射拓林、漴阙一带，于是开始改筑石塘。清初以后，南汇嘴更向东南延伸，险工又向西移。这时人们根据潮流的变化趋势，估计顶冲将移至金山嘴，因此，把拓林至金山嘴一线，全部改建为石塘，并增设护滩、护塘等工程措施。

这些说明，由于海岸的动力因素和泥沙状况不断地变化，使潮流顶冲地段也常移动，人们必须灵活地采取预见性的防护措施，才能变被动为主动，事半而功倍。

三是根据损坏情况，增加间接工程。海塘工程是一种直接护岸工程，起保护天然海岸线的作用，但它不能改变形成岸蚀的海岸动力条件，相反，它本身会因潮流、波浪等的侵袭而被破坏。因此，如何保护海塘的安全，就成了海岸防护工程技



术发展中的重要环节。明清时期，护塘、护滩、挑水、防冲等间接护岸工程技术大量应用，人们根据海岸的冲塌变化趋势和受损程度，而决定采用间接工程的形式和数量。

海宁沿海一带，涌潮对海塘的横向冲刷严重，落潮流的掏刷作用也很强烈，所以“（海宁）石塘工程全恃塘根坚固，保护塘根，实赖坦水，方能经久，实为第一善策”[31]。

江南海塘修筑的石海塘比较单薄，不少地方造的还是土塘，为保护这些海塘，在险工地段用多层桩石护塘坝作为外护，既有效地削弱了波浪的冲击力，又降低了造价。因此，护塘坝被称为“桩石正工”，地位几乎与海塘相等。同时积极保护滩地，建造护滩坝、拦水坝，或盘头、挑水坝等工程。

间接护岸工程能影响海岸动力条件，改变局部地段潮流情势，促使岸滩由冲刷变为淤积，而且比直接护岸工程省工省料，建筑较易。明清时期间接护岸工程形式及结构多样，技术大为发展，为以后海岸防护工程的建设提供了许多有益的经验。

四是采用多重塘体，建立系统塘工。明清时期修建石塘一般皆是在老塘内的高滩开挖修筑，这样基础条件好，施工也容易些。新石塘建成后，仍保留老塘，使老塘成为新石塘的前护。如海宁老盐仓地段，原来修建的是柴塘，乾隆中期后海潮直迫塘根，塘工形势险要，于是改筑成鱼鳞大石塘，柴塘仍然保留，并将柴塘后背之土顺坡斜做，堆到石塘处，只露出石塘三四层，并在坡上栽种柳树，使根株蟠结，这样石、柴塘连在一起，柴塘即为石塘之坦水，塘工益加巩固。[32]近塘又有备塘河。如海宁即有六十里塘河，维修海塘时，也重视开浚塘河工程。修筑海塘时，利用备塘河运输木石甚为方便；如遇大风潮海水溢入塘内，也可借以分泄，不致危害腹内之田；平时可蓄积淡水灌溉农田。所以备塘河也成为海塘系统的一部分。

华亭的西海塘，在清代雍正年间增筑石塘 7128 丈，仍留原来的土塘作为外护，还于外层土塘设五桩四石玲珑坝，以杀水势。道光中遇飓风暴潮，土石塘皆毁坏，林则徐见潮势日渐西移，土塘不能马上恢复，乃附石塘壅土筑坦坡，坡外筑桩石坝。[19]以后，又在顶冲首部建盘头坝、挑水坝，间段添拦水坝，与石塘一起组成系统的海塘工程。海塘工程系统化是明清时期海塘技术发展的又一特征。

五、海塘的管理

海塘修建以后，还需要做好经常性的管理维护工作，遇到险情发生时及时进行抢修。明清时期海塘已设置专门的管理机构，逐步建立各种维修制度，在养护管理方面也取得许多经验。体现了修建和管理并重的做法，使海塘工程在防御海潮中发挥了很大的作用。

（一）海塘管理机构的设置

早在北宋景祐年间，已在杭州设捍江五指挥，每指挥额管捍江兵士 400 人，共 2000 人，专职“采石修塘，随损随治”[33]。秀州等地由县知、佐兼管海塘。明清时期明确规定海塘所在的府、州、县正、佐官要兼管海塘，将管理海塘工程列为官吏考绩的内容。

明代还在常熟沿江一些地点设巡检司，既管防务，又管海塘。在苏州设海防同知，也兼管堤防，宣德年间，周忱设立海塘夫分段守候。海盐有海塘夫银 6999 两，



分别征派于嘉兴、秀水（治今嘉兴市）、嘉善、海盐、崇德、桐乡等州县。海宁于嘉靖十二年（公元1533年）依海盐例，“设海塘夫一百五十名，岁储役银三百两”[9]为修筑费。

清代除民修民管组织外，还加强海塘兵制管理机构。康熙九年（公元1670年），设海防同知二人，专管浙西塘务，以及时修复海塘损毁。雍正八年（公元1730年）设海塘千总、把总二员，兵200名，负责海宁东西两塘的维修。雍正九年，特设“海防兵备道”，管理杭、嘉、湖、苏、松、常六郡塘务，下设守备、千总、把总等官员，增兵士到800名，“平时则往来巡察，遇有兴修，一呼众集，工有专责，抢筑亦不致后时矣”[34]。雍正十一年，浙西增设海防同知，共3人，下辖兵士1000名，负有修海塘之责。之后，记载分段防守更加详细。

（二）维修制度

首先派海塘夫分段守护。嘉靖二十一年（公元1542年）黄光升在海盐建造鱼鳞大石塘后，建立石塘编号法，将海盐海塘2800丈，取“千字文”编塘号，自“天”字起，至“木”字止，共140号，每号20丈，号镌在塘石上。[35]之后石塘皆编号，由塘长、塘夫按号分段巡察和养护。江南海塘于雍正十年（公元1732年），在西起平湖交界，东至宝山县黄家湾长250余里地段，分40段，每段五六里，募役塘长一名。[36]乾隆十九年（公元1754年），在昭文海塘设塘长，东自太仓州界铛脚港，西至常熟界耿泾港，土塘长9132丈，计60里，每五里设塘长2名，共23名，分段巡防维护。[37]甚至雷州半岛海堤亦分别以二十八宿、千字文、天干为号编排[38]，以明确维修责任。

其次建立岁修和抢修制度。岁修制度始自清康熙五十九年（公元1720年），由浙江巡抚朱轼提出“每岁加修，逐年将实修丈尺，实用工料银两，据实报销”。于是在江浙海塘实行。雍正六年（公元1728年）八月，海宁潮势汹涌，沿塘护沙冲洗殆尽，需要抢修，经浙江总督李卫奏请，同意“嗣后将不可缓待之工，随时抢堵”。其他要改筑条石塘坦之工段，每年秋后估计帑金上报，次年兴作，每岁报销，将抢修与岁修加以分开处理。为防止官吏贪污海塘工程款，乾隆时期要求每项工程按规定列出详细的经费预算上报，施工经费超出预算的要奏明原因，得到批准才能报销。[39]

再次，建立柴塘和石塘等保固制度。乾隆二十八年（公元1763年）工部制定了《柴塘岁修保固例》[39]，所修柴塘如在保固期限内损坏的，令原办工员赔修；如在保固期外损坏的，将应修工段核实后可造册报销。之后，石塘也有一定的保固要求。

（三）养护管理

海塘养护管理也有许多经验。如植物护坡挡浪的措施，各地海塘皆有一些办法。《江苏海塘新志》卷八载：江南海塘的经验是：土塘护坡以种“攀地荆”为好，因这种草“根细而密，土得之如肉有络”，其叶又很蔓盛，既可增固塘身，又能外柔怒潮。浙东《上虞续塘工纪略·杂说》说：“草之有益于塘者三：曰细杆茅草、千觔草、赖草，与芦不与焉。草之有损于塘者亦三：曰蔓草（俗名累累籐）、野茴香、野茄树。”至于塘前滩地，可栽种芦苇、甘柯、杨枝等水生植物。海塘上栽种树木更要选择。上虞海塘的经验：塘边树木利少害多，主要怕树根枯烂，使塘



堤出现漏洞。柏树、樟树主根又粗又深，甚至能穿过塘底，不宜种植；而杨柳为细根，无总根，其根浮而不深，即使枯朽也无大害，所以以种杨柳为好。海塘及塘前海滩种草植树有消波杀浪的功效，能起到保塘、保滩的目的，其作用在有些情况下不亚于工程措施，所以海塘的养护管理也很重要。

第二节　挡潮闸工程和海涂围垦水利技术的进步

明清时期我国沿海海涂围垦进入历史上最为活跃的时期，滩涂资源有了较多的开发利用，从北部渤海湾沿岸的辽阳起，经黄海、东海、南海沿岸，直至广西北部湾沿海，围垦了不少农田，围涂垦殖的水利工程技术取得明显进步，尤其在挡潮闸工程和围垦海涂的综合水利技术方面成绩尤为突出。

一、挡潮闸工程技术

挡潮闸与海堤工程等一起组成滨海地区的防潮工程体系。挡潮闸修建于通海河口，有利于阻挡海潮倒灌，避免内河水质咸化，又可在雨多时排泄内涝，干旱时引潮或蓄淡灌田。明清时期，随着海涂围垦的日益扩展，通海河口的水闸工程亦广泛建设，促使工程技术更加进步。如苏北范公堤，清代以后堤外涨出100余里，因泽国里下河涝水常需向堤东排泄，为此乾隆中期沿范公堤修建了归海18闸。黄岩县官河灌区，宋代在入海河口建有11闸，元代增为14闸，明代又增至18闸。雷州海康捍海北堤上建有水闸39所，南堤水闸60所，遂溪海堤上建水闸6所。从工程规模和技术成就来说，浙江绍兴的三江闸是此类工程的典型。

三江闸位于绍兴城东北30余里的三江海口，一名应宿闸。建于明嘉靖十六年（公元1537年），是我国古代著名的滨海大闸。它的建成解决了萧绍平原长期困扰的排涝拒咸、蓄淡灌溉问题，对保证平原80多万亩农田的生产和社会经济的发展起了重大作用。

绍兴平原位于杭州湾南岸，东濒曹娥江，西临浦阳江，南屏会稽山，北以萧绍海塘为界。明清时对海塘不断加以修筑，并改险要地段土塘为石塘，防御海潮的能力大为增强。又在海塘上建黄草沥、长山等闸，以排平原涝水。但因浦阳江下游借道钱清江（亦称西小江）出三江口入海，增加了平原的洪、涝、潮灾。虽然沿钱清江筑塘堤，建白马山闸，以御海潮威胁，又修建拓林、新灶、扁拖、甲蓬等闸，以泄江南、北之水入钱清江。[40]又自宋代鉴湖废后，依靠玉山闸控制山会平原的蓄泄。但这些工程分散，规模仍较小。《三江闸务全书》说："先贤于玉山、扁拖等处建诸闸，酾引水势，然未扼其吭，其吞噬震荡犹故也。"清代韩振《绍兴三江闸考》中说：明嘉靖前"建闸二十余所，虽稍杀水势，而未据要津，恒有决筑之劳，而患不能弭"[41]。洪、涝、旱、潮灾害仍然频繁发生，严重影响平原农业生产的发展。

嘉靖十五年（公元1536年），汤绍恩出任绍兴知府。他十分关心水利，莅职之初即对水利状况进行调查，了解到"山阴、会稽、萧山三邑之水，汇三江口入海，潮汐日至，拥沙积如丘陵。遇霪潦，则水阻沙不能骤泄，良田尽成巨浸，当事者不得已决塘以泻之。塘决则忧旱，岁若修筑"[42]。于是遍行水道，相视地形，确定在三江汇合处建闸。于当年七月动工，于第二年嘉靖十六年（公元1537年）三



月建成，历时不足九个月。建成的三江闸取得了显著的技术成就。

第一，工程规模巨大。三江闸全长 103.15 米，共 28 孔，孔名以天上星宿相应，自东向西，以“角”起，到“轸”止，故而称为“应宿闸”。其总净孔宽 62.74 米，单孔净宽在 2.16～2.42 米之间，闸底高程一般在吴淞高程 3.79 米上下，闸孔高 3.40～5.14 米，闸顶高程为吴淞 8.5 米，顶宽 9.15 米。[43] 此闸的规模超过了我国以往任何时代的挡潮闸，也是当时世界上挡潮闸的杰作。

第二，工程选址合理。三江口是聚众水控制内河入海分隔海潮的关键处，据要津地位。所建闸的位置近海，利于闸内新涨海涂的围垦和发展农业生产。闸基具有天然岩基。明代陶谐《建闸记》[44] 载：“（汤公）相厥地形，直走三江，江之浒山嘴突然，下有石礳然。其西北山之址亦有石隐然起者。……掘地取验，下及数尺余，果有石如甬道，横亘数十丈。公曰：两山对峙，石脉中联，则闸可基矣。”即三江城西的彩凤山与对江的龙背山两山对峙，地下岩石横亘，在这样的一个峡口建闸，闸基牢固。

第三，工程砌筑精良。施工时先清理石基，“凿榫于活石上，相与维系”，再灌以生铁，铺以阔厚石板。闸墩、闸墙全部采用千斤以上的大条石砌筑，石与石“牝牡相衔，胶以灰秫”，一般砌 8～9 层，有的高达 10 层以上。闸墩两端“剡其首”，成为圆角状，以顺水流，称为“梭墩”。全闸共有大梭墩 5 座，小梭墩 22 座。墩顶架以长方形石台帽，上承石梁筑成桥路。墩侧凿内外闸槽两道，闸底设有内外石槛，以安设闸门。闸孔设置内外两道木闸门，闸门间堵泥后可防水渗漏，又能方便检修。在大闸两端新增海塘 400 余丈，与原海塘衔接。[45]

第四，设置水则，以便管理。原来山会平原有大量涵闸分布于从曹娥江到萧山东南沿海一带长约 50 公里的海岸上，为了掌握涵闸的启闭蓄泄，明成化十二年（公元 1476 年）戴琥建有“山会水则”，在绍兴府城内佑圣观前的府河处，设有一石制水则（水位尺），分上、中、下三段，每一段刻有尺寸，并在佑圣观内立了一块石碑，石碑上刻写了水则观测和涵闸启闭制度。嘉靖十六年（公元 1537 年）三江闸建成，山会水则的地点由佑圣观前的府河迁移到三江闸下，即在闸内江道旁立一水则石碑。石碑自上而下刻有“金”、“木”、“水”、“火”、“土”五字，分为五格，各格高差五寸，规定“水至金字脚，各洞尽开；至木字脚，开十六洞；至水字脚，开八洞；夏至火字头筑，冬至土字头筑。闸夫照则启闭，不许稽延时刻”[45]。按水则指示的水位确定开闸孔数，而夏至到冬至是灌溉季节，故规定了蓄水标准。后来在绍兴城内府治处，还设立了一个校核水则，更便于管理。

三江闸建成后工程效益十分显著。它与 200 余里的萧绍海塘连成一体，隔绝了海潮倒灌入平原的途径，使“河海划分为二，潮患即息，闸以内无复望洋之叹”[45]，消除了数千年来海潮上溯平原造成的潮洪咸渍灾害。它把钱清江两岸萧山和绍兴各自独立的水系，归并成统一的三江水系，取代了玉山、扁拖诸小闸。现代实测，三江闸全部开放时，平均泄流量约 280 立方米/秒，可使绍兴、萧山两县三日降 110 毫米暴雨排泄入海，达到安全度汛。[46] 平时闭闸可以控制平原内河网的蓄水，保持正常稳定水位，满足灌溉、航运和水产等的需要。这样，大大增强了河湖网的调蓄能力，使自鉴湖湮废后近 400 年内一直困扰的水利问题得到较好的解决。



正如《三江闸务全书·序》所称："嗣是而捍御有备，旱则闭以蓄之，田足以灌溉；涝则启以泄之，稼不至浸淫，三邑（指会稽、山阴、萧山）之民，安居乐业。"同时，钱清江成为内江后，沿江10 000万多亩盐碱荒地，得以改造成为良田，又"外增沙田沙地数百顷"。

之后，三江闸进行过多次修整，其中以明万历十二年（公元1584年）郡守萧良干、崇祯六年（公元1633年）修撰余煌、清康熙二十一年（公元1682年）闽督姚启圣主持大修最有特色。他们在技术上皆有改进，萧公于闸前增置小梭墩、余公更换成坚硬石板、姚公用羊毛纸筋灰弥闸缝。

闸建成后400余年，经受了无数次惊涛骇浪冲击的考验，一直发挥着重大的作用。后来因杭州湾江流的北趋，闸外淤涨迅速，泄流逐渐不畅，又因围涂垦殖的需要，1981年于三江闸北2.5公里处建成15孔的现代化新三江闸，原三江闸完成了它的历史使命，但仍还作为珍贵的历史文物被保留，成为标志我国挡潮闸工程技术成就的一座历史丰碑。见图4-2-2-1和图4-2-2-2。

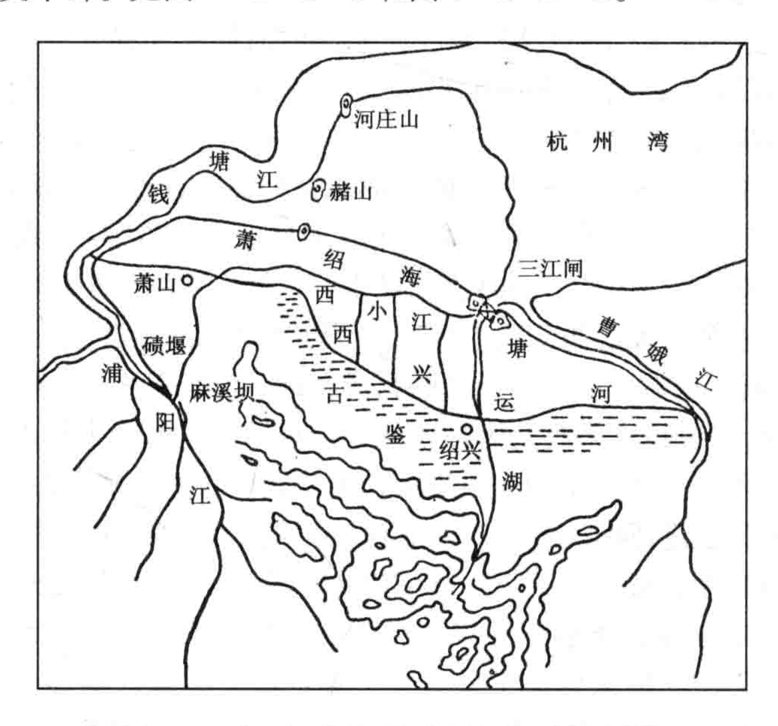


图4-2-2-1　明代绍兴三江应宿闸位置图

二、海涂围垦及其水利工程技术

明清时期苏北沿海、上海南汇嘴及崇明岛、浙东沿海、福建海湾地区和珠江三角洲滨海地区滩涂淤涨尤为迅速，围垦事业亦相应发展。此外，渤海湾沿岸地带也开始筑围垦殖。围涂垦殖的水利工程设施主要由海堤、闸涵和排灌系统三部分组成。各地因地理环境、海涂淤涨的状况、开发政策等的不同，所采取的水利工程措施各有特点，并出现了总结围涂垦殖的综合性技术经验。

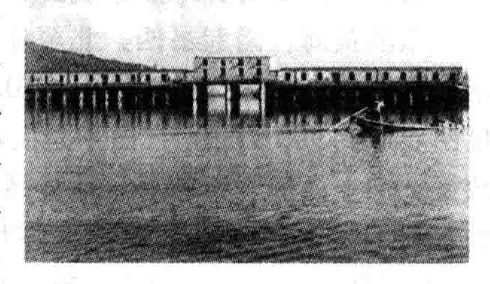


图4-2-2-2　绍兴三江应宿闸
（选自《中国农业百科全书·水利卷》）



（一）苏北沿海地区

明清时期以苏北沿海地区海涂开发面积最多。首先这与海滩的迅速淤涨有关。因为明代中叶以后，黄河下游通过全面筑堤，不再多处漫流，形成全黄夺淮的局势，浑浊的黄水挟带大量泥沙经河口输送到沿海一带，滩涂迅速淤涨，其中以黄河河口三角洲伸展最为迅速。明初，黄河河口还在云梯关附近，万历十九年（公元1591年）河口已达十套一带，清嘉庆时已延伸至新淤尖以下，距云梯关190里。北部海州的云台山原是大海中之岛屿，18世纪（约公元1711年）之后因淤涨渐与大陆相连，同时在今灌云东部也涨出一大片陆地。废黄河三角洲的南部海岸，宋元时海岸线大致在范公堤一线，明清淤涨迅速。如盐城一带，“唐宋之世，范堤本为海岸，至明宣宗时（公元1426～1435年）逾堤而东已三十余里，明末更五十里，迄清中叶遂在百里之外”[47]。这就为海涂的开发创造了条件。

其次与政府的垦殖政策有关。苏北沿海一带历史上是有名的两淮盐场。明清时期设有海州（明为淮安）、泰州、通州三分司，下辖二三十场。“天下盐课惟两淮最多”，为了保证盐课收入，政府严格禁止垦殖，然而灶民和移入的民众私垦一直不断。清朝在乾隆以后，随着滩涂的迅速增长，民众私垦日多。淮北盐场所产盐为晒盐，无需荡草煎烧，此时垦殖政策有所松弛。如乾隆十年盐运使朱续晫称：“淮北各场晒扫成盐无需荡草，所有荡地俱系按则纳课耕种应听灶便，毋庸查禁”，得到批允。[48]云台山以南淤涨的滩涂，据乾隆二十八年（公元1763年）勘查可垦荒地有1 351余顷，其中乾隆十八至二十四年七次共报升入额完赋荒田704.40顷。[49]

淮南盐场本在范公堤之西。明中叶后，因洪泽湖及淮水泛滥，“淡流浸灌，盐产日绌”，盐场渐次东徙，原来盐场之地悉成耕地。[47]范堤之东也因淤沙外涨，腹内荡地土性渐淡，“是以率多改荡为田，垦种杂粮”[50]。乾隆十年以前范堤东已有垦熟地6 404余顷[51]，上报交纳升科银两，承认这些农田垦殖合法。

通州沿海明代已进行围垦造田，由盐运使围垦古海堤以东五总、骑岸、十总、庆丰、唐洪一带海涂，成“总头田”，又围今通甲公路沿线的姜灶、先锋地，称“明田”。清代仍有围垦，康熙五十年至乾隆初，盐使李熙等围垦海堤外东社、忠义地区的“甲田”[52]。但以后又下禁垦令，规定范公堤西已垦灶地，只可维持现状，不准扩大开垦，堤东之地概禁开垦，令放荒蓄草供煎盐之用。这就限制了海涂的进一步开垦。

清后期由于海势东迁，盐产日减，开垦荒滩的呼声日益强烈。此时，西起范公堤，东滨黄海，南起吕四，北至陈家港，海涂面积达1 900万亩。大致分为西部和东部两大片。西部为民垦区，成田早于东部，经明清时期的逐步开发垦殖，清末开垦出农田约900万亩。[53]由于是民众分散垦殖，政府执行严禁“私垦沿海灶地”的政策，加上西部民垦区海涂地势高，一般高于范公堤以西的里下河地区，所以无大的水利工程兴建，只修建局部零星的堤障、河渠。到光绪二十六年（公元1900年），东部新兴、伍佑两盐场首先放垦，光绪二十七年（公元1901年）通海垦牧公司成立于吕四场，到1935年苏北沿海滩涂地区共成立大小盐垦公司77家，盐垦公司基本分布于范公堤东靠近黄海的东部区，垦殖农田近600万亩。

盐垦公司所在的东部区海涂地势低，临近大海，成涂时间短，土壤含盐较重，



所以必须筑堤建闸防止潮水的侵袭；浚河开沟，降低地下水位，蓄积淡水冲洗土壤中的盐分。水利工程的兴建以通海垦牧公司的规模最大。光绪二十七年（公元1901年）十月兴工，至宣统二年（公元1912年）年底基本完工。据张謇《垦牧乡志》记载："公司……大要则地势迤西北而东南，为堤八：曰牧场、曰第一、第二、曰第三、四、五、六、七，濒海者曰外堤，濒通潮大港者曰里堤，濒通内水河渠者为次里堤，堤中分格者曰格堤。外堤度广底十丈，里堤、次里堤广底四五丈不等，共长三万六千余丈。堤之外为港二：曰蒿枝、曰川流。河五：曰盐垦分界、曰淮委、曰中心、曰小沙洪、曰塘蒿。其度宽者十丈，狭亦五丈。堤之内，四周而输外者曰干渠，纵横而受输于干者曰支渠，长度等堤。干广五丈、七丈，深沟六尺，支广均四丈，深五尺。……桥梁大者凡一百六十九，小者凡二百五十有七。三闸之外，涵洞凡七十有五，斯其大凡也。"在公司垦区12.32余万亩范围内，修建成挡潮的外堤八条，傍港、河修建里堤共21 384丈，堤中分格的格堤共8 624丈，有通海的河港两条，垦区内干渠共长21 752丈，干渠又分出支渠通农田，在通海港口建闸，以挡潮蓄泄，垦区内沟渠上建涵洞。这些河沟、干支渠开得都较宽，可以用来蓄积淡水。见图4-2-2-3。

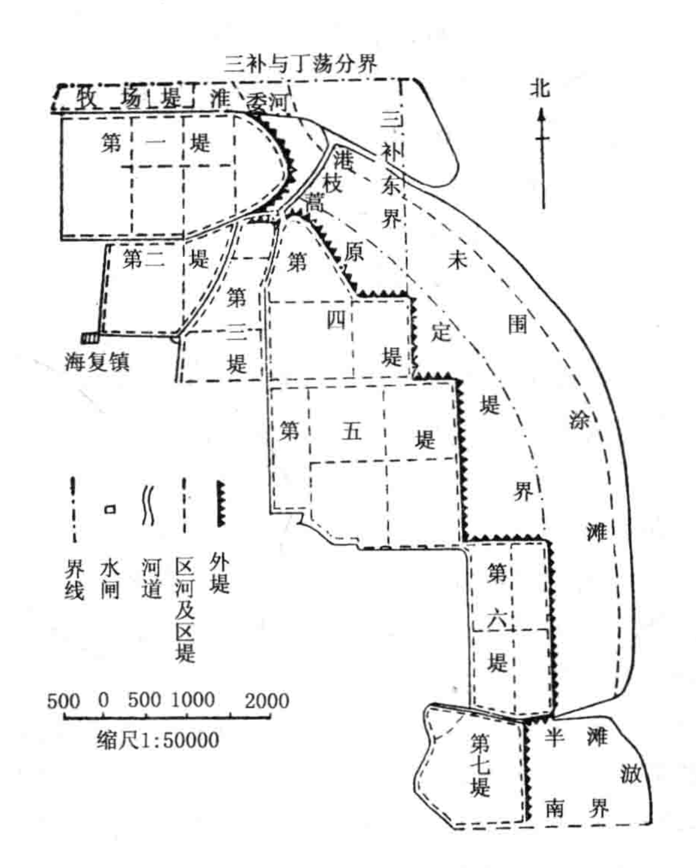


图4-2-2-3　通海垦牧公司水利工程概况图

（选自《苏北盐垦史初稿》）

盐垦公司的田间灌排渠系布置，通常采用"垅田"的规划方式，一般以宽15丈、长80丈之田为一垅，合20市亩，开有五条小沟，名横鳞沟，宽约七寸。垅与垅之间挖垅沟，垅沟面宽五尺，深二尺。20垅田组成一排，排与排之间挖排河，面宽丈余，深四尺。四排组成一匡，垅间开凿垅河，面宽四五丈，深五尺。大约以



九埂组成一区，区的四周筑堤，堤外开河，面宽七八丈，深六七尺。区河再通于干河入海。这样，在垦区内便形成了横嶙沟、塍沟、排河、埂河和区河五级相互贯通的沟洫系统。见图 4－2－2－4。可将农田中所淋洗的盐分通过逐级河沟排入大海，同时又能降低地下水位，防止土壤返盐。这种布置形式据称采用了井田遗意，是继承并发展了开发海涂的历史技术经验。苏北其他盐垦公司，凡水利规划建设较好的垦区，都取得了较好的成效。

（二）上海崇明岛和南汇嘴地区

江海交汇之处的崇明岛是我国的第三大岛，面积为 1 083 平方公里。其建置始于唐代，因沙岛此涨彼没，故治所多次迁徙。明万历十一年（公元 1583 年）迁治“长沙”沙岛，直至如今。明清时沙洲涨塌变化多端，故仍采用元时制度“三年一丈，坍则除粮，涨则拨民，流水为界”的十六字令。[54]但在涨塌中沙洲不断增长，面积扩大，促进了岛屿海涂围垦事业的发展。据民国《崇明县志》卷六记载：明洪武二十四年崇明有官民田地 7 246 顷，万历三十二年有田荡涂 13 322. 17 顷，清雍正十三年拨十二沙（田荡涂 2 069. 06 顷）于通州，实存田荡涂 12 288. 81 顷，乾隆三十三年又拨十一沙（田荡涂 4 770. 38 顷）于海门，实存田荡涂 14 465. 85 顷，道光十年田荡涂达 21 530. 37顷，宣统二年达 30 842. 46 顷，可见沙洲淤涨的迅速。

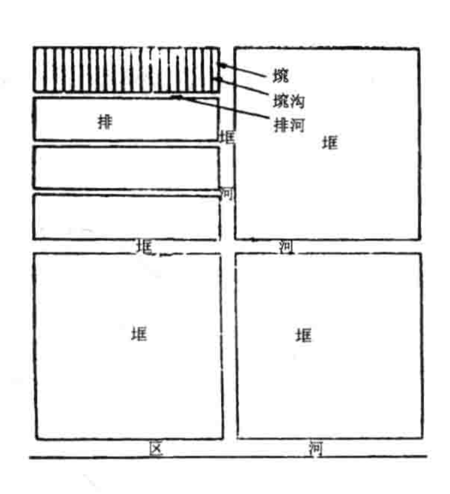


图 4－2－2－4　苏北海涂田间排灌渠系示意图

崇明沙涂成田大致经过三个阶段，顺次称为涂、荡、田。依傍老沙接涨新沙和水中突涨新沙，其始尚在水下，称为水涂。之后沙阜出水渐生草，称为荡。及沙涨坚实，则修筑圩堤，围垦成田，初称为“止田”，及成熟既久，渐成老地，乃升为“民田”，亩纳米五升三合五勺。从涂荡成田，必须筑圩浚渠，濒海修筑海堤堵截咸潮。

崇明明代始有筑海堤的记载。嘉靖中，在吴家沙筑“官坝”，以御咸潮。万历二十一年筑有连接诸沙的北洋海岸，从孙镇、孙家、吴家、袁家四沙至亨沙、南沙长 50 里，“自筑此堤，尽成沃壤，植桑其上，有桑堤千顷”[55]。清代顺治初在平洋沙、东大阜交界处筑刘公坝。顺治十二年在平洋、东大阜两沙交界处筑文成坝。乾隆二十七年筑赵公堤，有两处：一由东三沙至十滧，一由平洋沙至蒲沙套，共长百里。道光十八年筑平安沙坝。光绪三十二年筑连接杨家、惠安两沙的杨惠沙堤，长 6 721 丈。以上一些坝将两沙之间河港堵塞，因此堵港，修筑连接各沙的海堤成为崇明围涂工程的一大特点，系统海堤的建成能很好地防御海潮的侵袭。

崇明农田“划疆筑圩，各凿民沟”，形成“沟洫纵横”的布局，起到“旱潴潦泄”的作用。在成沙期不同的“两状”交界处规划“官河”，有横河和竖河之分，横河称干河，面阔 25 步，竖河称支河，位于东西沙交界处，面阔 16 步。[56]官河能贯通南北东西水利，蓄积淡水和排泄涝水的作用大。故康熙《崇明县志》卷三称：“崇邑惟海岸、官河二者，一御咸潮，一资蓄泄，为农事第一要务。”崇明岛的海涂围垦工程技术在我国海岛围涂中是很突出的。



长江口以南上海南汇嘴一带，明清时期滩涂不断向外增长，为围涂垦殖需要，依次修筑多重海堤，工程的修建进一步促进了海涂的淤涨。而修筑多重海堤，解决新老垦区的水利矛盾是这一地区围涂水工技术的特色。

明初南汇嘴海岸线基本上维持在北起南跄口，南经今川沙、南汇县城及四团、奉城至柘林一线。明成化八年（公元1472年），在此岸线上因以往海塘旧址筑捍海土塘，后称老护塘、内捍海塘，范围包括现在太仓和上海市沿海各县，全长接近300里。万历十二年（公元1584年）为了保护捍海塘内的农田和围垦新涨的滩地，向东修筑外捍海塘，北起南跄口，南经合庆、蔡路、江镇、施湾、黄路，在四团附近接原海塘，长9 250.2丈。海塘的修筑又促进了塘外滩地的加速淤涨。

清代南汇嘴一带围垦事业更加发展，经济明显增长，雍正二年（公元1724年）析华亭县东境置奉贤县，析上海县东南境置南汇县。为了保护垦辟的农田，雍正十一年由南汇知县钦连主持，对外捍海塘重加修筑和加固，从黄家湾宝山县界起直至五墩涵水庙奉贤县界止，跨今川沙、南汇，长15 300余丈，易名为“钦公塘”。雍正以后，钦公塘外滩涂增长迅速，南汇县从乾隆初至光绪间开垦农田达30万亩。光绪九年（公元1983年）南汇知县王椿荫于钦公塘外新筑土塘，自川沙县九团撑塘起，经南汇县老港、新港，直至果园，长11 388丈余，称之为“王公塘”。钦公塘与王公塘之间距离最远处达二三十里。之后，随着塘外滩涂的不断淤涨，围涂垦田继续推进。光绪二十二年又于王公塘外十余里处另筑“李公塘”，北起川沙县撑塘，南止南汇县一团，长9 740丈。川沙、奉贤的情况与南汇相似。川沙于乾隆三年（公元1738年）在钦公塘外筑圩塘，保护围垦的农田。光绪七年，又在圩塘外更筑外圩塘，自八团南一甲，止九团三甲止。奉贤县清代海滩涨有二十里至八九里不等，为了开发利用滩地，道光、咸丰间，在原钦公塘外，先后筑二道圩塘，名内小圩塘、外小圩塘，将晒盐之地渐次开垦成农田。这样，清末时，在南汇嘴海涂垦区内，存在大致平行的四条海塘。见图4－2－2－5。

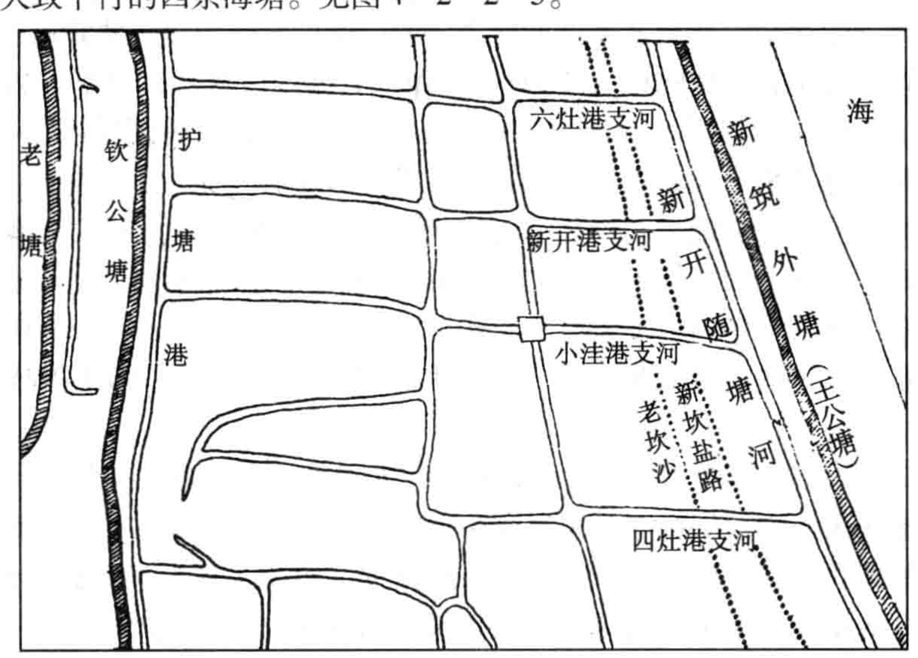


图4－2－2－5　南汇海涂围垦示意图

（选自《江苏海塘新志》）



在新老垦区内，还布置有沟渠，以满足农田排灌的需要。钦公塘与王公塘之间垦区的沟渠布置，是沿王公塘开随塘河一道，潮溢时拦截咸流，平时蓄淡灌溉，又开支河 21 条，并于钦公塘穿筑六座涵洞，以利新老垦区的排灌。[57]王公塘与李公塘之间亦开挖排灌河道，用于围涂垦殖。但新老垦区之间存在着水利矛盾。因“塘外海潮挟泥而至，潮退泥滞，愈积愈高，故塘东地势高于塘西”，形成王塘以内低于李塘以内，钦塘以内又低于王塘以内，老护塘以内又低于钦塘以内的状况。一遇雨潦，依自然地势，水势要西排才顺。李塘筑后，王塘以外芦荡逐渐垦成农田，要求开王塘排潦水，而王塘以内怕淹主张开通李塘泻水入海。实际上李塘不仅保护本身塘内土地，还隔断王塘以东土地的咸水来源。所以后来达成一致意见，在王塘、钦塘、老护塘开水洞（涵洞），“开则俱开，闭则俱闭，流则俱流，止则俱止，层次递下”[58]。水旱俱能控制。

总之，自明中叶至清末 300 余年间，南汇嘴一带滩涂不断向外增涨，最远处伸展了四五十里。为了围垦的需要，先后修筑三重系统海塘及各围垦地段的圩塘，垦区内修建沟渠、涵洞等水利工程，因地势布置，解决了灌排等水利问题，保证了数十万亩海涂田的农业生产。

（三）浙东沿海地区

浙东杭州湾南岸明清时期海涂增长迅速，成为这一时期我国又一大围涂垦殖区。从明永乐初（公元 1403 年）至清嘉庆间（公元 1796 ~ 1820 年），400 余年间造出面积 600 平方公里的“三北”平原。[59]其工程技术特点是修筑多重海塘，修建拒咸蓄淡的水闸和陂塘等。

杭州湾南岸明初海岸线大致维持在萧绍海塘和大古海塘一线。从永乐初起，余姚、慈溪（今慈溪东南）一带海涂大为增涨，为开垦涂地，于大古塘外另筑“新塘”。之后海涂又增涨十里许，成化间水利佥事胡复于海口筑塘以御潮，称之为“新御潮塘”，本来该塘之内是盐户生产之地，筑塘后，豪强纷纷开垦，盐、农争利矛盾很大。弘治初于新塘之下筑塘界之，塘以南可垦辟为田，塘北仍是盐户产盐场所，争议于是平息，称此塘为“周塘”。以后，滩涂继续向外伸展，为适应围垦的需要，又不断修筑海塘，至清代共筑有七重海塘[60]，先后围垦滩涂十万余亩。为解决海涂之地淡水不足，还注意修筑陂塘以蓄积淡水。

钱塘江南岸萧山、绍兴一带在 17 世纪末叶以后，由于潮流趋北，南岸海涂迅速淤涨，将钱塘江南大门赭山与龛山之间淤成平陆，为围涂垦殖创造了条件。绍兴三江口因潮沙淤阻，使山会平原泄水困难，于嘉靖十四年（公元 1535 年）建三江闸，拒咸蓄淡，排除涝水效果显著，也有利于垦殖海涂（三江闸工程技术成就详见上文）。

甬江口以南多为岩质海岸，岸线曲折，港湾众多。明清时期海湾平原趋于向外扩展。该地区围涂工程的特点是根据海涂分散的特点，修筑或长或短的海堤，并随海湾平原的增长，不断增筑一道道海堤，并重视在沿海地区开凿河渠，修建堰闸，以利围垦区的蓄泄。如宁波府的象山县滨海，海涂平广，成化十八年（公元 1482 年）在县东北 35 里筑陈兆塘，长 145.9 丈，塘之内浚河沟以蓄水，堤之首凿岭作闸，“因其旱涝以时启闭”。次年又在县南 15 里筑岳头塘，长 2 535 丈。塘之内凿



河三道，“惟中河作36曲，益河深而曲，方缓流潴水，可以利灌溉”。河设碶闸三所，“视水大小，时启闭以防旱溢”[61]，围垦海涂数万亩。台州府六邑有宁海、临海、黄岩、太平（温岭）四县临海，沿海岸（包括入海处的江岸）皆修筑许多海塘以蓄淡御咸。如黄岩县因围涂垦殖的需要，随海涂的增长一再向外修筑海塘。明弘治间在县东南霓墺筑丁进塘，长60里；正德间筑洪辅塘，南至新河，北通海门，不久又在洪辅塘下筑四府塘；清康熙十六年（公元1677年）在县南40里筑张塘，以上四条塘称为老塘。以后至光绪初年在老塘下依次向外增筑头塘、二塘、三塘、四塘、五塘、六塘，光绪二十一年（公元1895年）又筑关塘。[62]据民国《台州府志》卷四八统计，黄岩县所在的台州府在清末时共有海堤80条。温州府的乐清、永嘉、瑞安、平阳四县濒海，海岸线延袤数百里，清中期时已筑有海堤近百条，以乐清县最多。乐清县城东面临海，未建堤岸时潮汐可至城下，明建文四年（公元1402年）在县东30里筑蒲岐塘，长千丈，自筑此塘，塘内河道所潴之水可溉十万亩田，建有陡门可泄夏秋暴雨之水入海。[63]可见海堤的修筑保证了海涂的垦殖，这是围涂首先要建的工程，然后修建斗门闸座，控制蓄泄，并完善河渠系统。明清时期浙南地区围垦海涂能灵活布置围涂水利工程，所围海涂面积大者一两万亩，小者数千亩、数百亩不等。一些海堤还砌石护坡，所筑闸也皆用石砌筑，这些体现了水土技术的进步。

（四）福建沿海地区

福建沿海亦为岩质海岸，多港湾，河流大都独流入海，由于河、海淤泥的沉积，使河口三角洲不断向海扩展。明清以来，随着上游山区的拓垦，水土流失加剧，造成滩涂增长加快。这期间除清初强迫沿海居民内迁30~50里外，围涂垦殖一直在发展之中，其趋势由后海滨向前海滨不断推进。后海滨围垦的农田大致在平均最高潮线以上，“平旷沃衍，恒得水泉灌溉者”，称为洋田；又有“傍溪湖积沙土填筑而成者”，称为洲田。前海滨围垦的农田多位于平均最高潮线以下，“筑堤障海潮，内以引淡水以资溉者”，称为埭田；低于埭田，“滨海咸卤无泉水及淡潮者”，称为海田。[64]这就形成该地区围涂工程的特点：海堤的修筑呈台阶状向外海伸展，注意引蓄淡水以资灌溉。

以兴化府莆田的南北洋平原来说，唐宋时在平原沿海已大筑海堤，还兴修塘池、陂塘工程，将滨海滩涂开辟为不怕海潮和旱涝的膏腴之地。明清时继续加强南北洋的水利建设，保证了洋田的农业生产。同时不断围垦新的海涂，在洋田的堤外，将“海地开为埭田，渐开渐广，有一埭、二埭、三埭之名，外复为堤以障海浪”[65]。埭田低于洋田或二三尺或三四尺不等，呈阶梯状向外海伸展。为引水灌溉埭田，在内堤上设涵洞引取淡水，在外堤上立陡门或涵窦以泄余水入海。洋田与埭田在淡水的利用上存在矛盾，当时订有管理条例。[65]

其他福州府、泉州府、漳州府沿海一带也多有围垦滩涂的活动，采取的工程措施，如乾隆《泉州府志》卷九记载，“筑堤障海以为田，又凿水道引溪流，以时启闭而灌溉之，于是，向之斥卤变为膏腴矣”。也是采用筑堤御潮、开沟渠灌排、筑闸涵启闭的工程技术方法。

（五）珠江三角洲滨海地区



珠江三角洲平原由西江、北江、东江等河流中的泥沙，在径流和潮流动力作用下不断沉积而成。元代以后，由于上游普遍在沿岸修筑堤围，河道固定，使泥沙集中输送到河口一带，因此，明清时期三角洲平原发育迅速，不断向口门外海扩展。明代的270余年中，西、北江三角洲前缘渐推移到磨刀门附近，沿海的五桂山、黄杨山、竹篙岭和南沙等岛屿与三角洲平原相连接，三角洲面积大约扩大了一倍。此时，东江沙坦前缘推移到漳澎、道滘以下。清代三角洲成沙扩展范围已接近现代状况，面积比明代增长一倍以上。由于明清时期三角洲人口大增，劳动力的增加和人口压力促进了围垦事业的兴盛，不但沿河两岸的堤围大为发展，海涂围垦也进入盛期。据统计明代筑成河岸堤围180多条，围垦农田100多万亩，海涂围垦的面积亦达100万亩以上。清代修筑的堤围总数已超过272条，海涂扩展面积比明代增加一倍以上[66]，成为海涂围垦迅速发展的时期。

明代浮涨的沙坦主要分布在今番禺县南部、顺德县东南部、中山县北部和新会县东南部一带，因此，围垦海坦主要在这一带进行，其中以香山县（今中山县）最突出。该县石歧以北有许多沙洲浮露，如小榄水道西南的西海十八沙，大部分宋元时已淤积成陆。明代前期围垦这些老沙坦，明中后期发展到围垦新成之沙，如东海十六沙一带，使原来宽阔的石歧海变成连绵的沙田。磨刀门东侧的坦洲、金斗湾一带也有围垦，因此，香山县耕地从洪武时的3 900顷，到崇祯时增至7 559顷[67]，扩大近一倍。明代顺德县东南一带沙坦“植芦积土数千百亩”。[68]新会县礼乐以南明正统以后有较多的海坦浮生，亦大量围垦成农田。此外，东莞县西南部河口也有围垦，麻涌至道滘一线的沙坦围垦最早，之后沙坦不断扩大，桥头、南栅、北栅等成为新辟的沙田区。据统计，明代三角洲海坦围垦成的“沙田”，总面积达10 000顷以上。

清代是三角洲海坦围垦的大发展时期，特别是乾隆以后，放宽了沿海限制围垦的政策，围垦海坦大为兴盛。据统计，从乾隆十八年（公元1753年）至宣统三年（公元1911年）近160年间，总共围垦滩涂成沙田133万亩[69]（其中韩江三角洲占小部分）。主要在磨刀门、鸡啼门、横门、蕉门和虎门等各出海水道及滨海地带。分布如下：（1）中山县东海十六沙，在小榄水道与桂洲水道间，直至横门水道与洪奇沥水道之间，由东海淤积所成沙田区，包括十六沙四周增积的子沙等。清嘉庆后期围垦农田2 100余顷[70]。清末时沙田总面积扩展到4 600余顷，已有村落数十，居民十余万人。[71]（2）甘竹滩以南至磨刀门水道沿岸、泥湾门与虎跳门之间一带。这是当时抛石筑坝聚沙和堵塞河道支汊造田最集中的区域。磨刀门水道左岸，由古镇以下围筑成永安、古镇、百顷等围，以及芙蓉沙、附洋沙、广福沙等均围垦成田。磨刀门右侧，包括泥湾门与虎跳门之间，清中后期围垦推进到沙堆、黄杨山东北侧和六多一带。清末时海坦围垦成田的有白蕉、灯笼沙、桅夹沙、乾雾、小林、大林等地。（3）番禺县南部、蕉门和潭州水道之间及口门附近一带。东涌、鱼窝头、潭州及以南的南顺沙、塞口沙、义沙、大澳沙、万顷沙、南沙等沙坦，皆于清代先后围垦成田。（4）东江三角洲西南一带。民国《东莞县志》卷二一称：清后期“咸潮堤西海、南栅诸乡，又西南面诸乡，又西南沙诸乡，濒海之处亦皆工筑成田，不可胜数”。



可见，明代至清初，珠江三角洲海涂围垦已从江河沿岸发展到口门滨海地区，由“既成之沙”发展到“新成之沙”。清代中后期，海滩围垦已发展到“未成之沙”了。正如道光《南海县志》所说：“昔筑堤以护既成之沙，今筑堤以聚未成之沙；昔开河以灌田，今填海以为陆。”

随着围涂垦殖的迅速发展，筑围水工技术也日益进步。一是讲究土堤修筑质量。清道光《南海县志·江防略》记载：新筑土堤首先要清理地基，把浮土杂沙挑去，平地夯深数寸然后于上加土。要选择净土，并“干湿得宜”，每层填土六寸，夯实。规定要在离堤30丈以外取土，以保持堤身的稳定性。二是修筑石堤。明代以前所筑围堤基本上是土堤，明清时期许多重要地段纷纷改筑石堤，讲究砌筑技术。如乾隆初两广总督鄂弥达见到广、肇二府基围皆系土筑，水大常致冲坍，建议“将顶冲险要者，先筑石土，以资捍御，次冲者，陆续兴建，并动支运库子盐羡余银两”[72]，得到批准执行。在石堤修筑技术方面，道光《南海县志·江防略》记载，筑堤要先“树密桩以盛（承）石。石之度，块长六尺方尺，錾凿平整，桩顶两重，层砌而上，至基面上；石之缝，净炼石灰胶粘之。每砌石二，层内间一石，横作丁字形，以牵制纵石，使石之后撑撦有力”。这样，经过基础处理和纵横砌筑灌缝，石堤能达到坚久稳固的效果。道光时围垦万顷沙，即采用“桩石围筑堤坝，周围广三千余丈，约六十余顷，俱种禾稻”[73]的方法。三是加强护堤措施。在土堤险要地段的外坡抛石，以护基脚；或在堤基外边接筑石坝，防御潮水。有些堤围，在堤前以卧柳、长柳相兼栽植；或在堤外密植芦苇或茭草，即有风不能鼓浪。

围海造田方面亦积累了不少技术经验：一是抛石筑坝聚沙。当地居民把滨海沙坦淤积分为鱼游、橹迫、鹤立、草埗、围田五个阶段。在橹迫阶段坦面水深还在一米左右时，为加快坦地淤积，利用船只运输石料，从临海及临河面的顺流方向，沿浅滩抛掷石块，基底宽度大约在6米左右，高度掌握在高出坦面1米上下。围垦面积控制在5 000～7 000亩，面积过小不经济，过大沙坦淤积不均匀。二是人工种草促淤。沙坦在一般潮水位已大部微露出水面时，即可在其上种植咸水草，种植水草的时间一般在农历三、四月或八至十月间，此时气温高，风浪小，易成活。种草可加速泥沙的淤积，大约每年多淤20～30厘米厚，使白坦较快进入草坦阶段，也为今后围垦提高了土地肥力，一般种草三五年即可筑围成田。[74]

（六）渤海湾沿岸地区

明清时期今辽宁、河北、天津、山东沿渤海湾沿岸地区皆有较大规模的围涂垦殖活动，并吸收南方围涂方法，总结出水利工程措施与农业技术措施相结合的综合开发利用海涂的经验。

今辽宁省辽阳沿海一带明代已有开发海涂的记载，正德间（公元1506～1521年）山东副使蔡天佑分巡辽阳，“辟滨海圩田数万顷，民名之曰蔡公田”[75]，是采用修筑圩田的方法开发辽河下游沿海一带的滩涂。山东开发海涂的地区主要在黄河河口淤积区。清咸丰五年（公元1855年）黄河改道由利津入海，这一带滩涂增长迅速，“各县人民争先垦殖”，到光绪三十一年（公元1905年）因外来垦户渐多，垦务日见发展，遂于利津县盐窝镇设立垦务分局，下分仁、义、礼、智、信五路；又在无棣县设立分局。第二年因沾化新淤之地二万余顷亟须丈放，遂于沾化县利国



镇设立分局。民国十年因黄河决口漫溢淤淀，遂将垦殖范围更加扩大，成立滨蒲利沾棣垦务局，垦殖了数百万亩土地。

明清渤海湾开垦滨海地取得成绩最大的是京东、天津沿海地区，京津地区是明清开展畿辅水利营田的重点地区，用力最多，讲究围垦水利工程技术，成效明显。

明代万历十六年（公元1588年）袁黄任京东宝坻县令，他引庠潮河，在葫芦窝等村教民种稻，刊有《宝坻劝农书》，书中“详言插莳、灌溉之方”[76]，以改良滨海盐碱地。

万历二十九年（公元1601年），天津登莱海防巡抚汪应蛟在天津的葛沽、白塘口等处令防海军丁屯种，引海河潮水灌溉。翌年，垦田5 000余亩，其中水稻2 000余亩，余种杂粮，秋后收稻谷6 000余石，杂粮四五千石，初步取得成效。汪应蛟再次疏请于朝，以防海官军万人，分田垦种，大治水田。他采取了闽浙围垦海涂的技术方法，在屯区内布置：“一面临河（海河），三面开渠与河沟通，深广各一丈五尺，四面筑堤以防水涝，高厚各七尺，又中间沟渠之制条分缕析”。[77]形成一座座堤岸高厚的大围，围口设闸控制。这种工程布置可以挡潮拒咸，引潮灌溉，洗咸排涝，降低地下水。汪应蛟主持屯垦时修筑的围田，以“葛沽以北，白塘东”的十字围最著名，分别以“求、人、诚、足、愚、食、力、古、所、贵”10个字作为围区的编号。屯垦的其他地方还有何家圈、双港、辛庄、羊马头、大人庄、咸水沽、泥沽等，也进行开河等水利工程。[78]明末时为了保证与后金作战的军需，董应举、左光斗等人在汪应蛟经营的旧址上继续屯田，屯垦区的水利措施仿效前法。

清代最早在天津从事水利营田的是天津总兵蓝理，康熙四十四年（公元1705年）在天津城南洼地挖贺家口引河和华家圈引河两条，引海河水和护城河水灌溉，又修建圩岸，形成“河渠圩岸周数十里”的规模，开成水田150顷。[79]雍正年间大规模在畿辅地区进行水利营田，其中天津在贺家口、何家圈、吴家嘴、双港、白塘口、辛庄、葛沽、盘沽、东泥沽、西泥沽筑围共10座，这些围田沿海河南岸分布，几乎连成一体。围田工程由围堤、沟渠、闸涵组成，如东、西泥沽二围，距海口仅60余里，潮势大，修筑了高厚圩堤，并按以往屯垦时河形进行开浚，各建进水闸一座，泄水涵洞各二口，引海河潮水灌溉，余水仍泄入于海河。围田作物以种植水稻为主，天津共营成稻田487.43顷[80]，取得了较好的成绩。见下页图4－2－2－6。

清末时，政治经济局势不稳，为就近解决军需粮秣问题，又在天津滨海经营水利营田。咸丰九年（公元1859年），僧格林沁督兵大沽海口时，修渠建闸，引流灌溉，在咸水沽营田3 540亩，葛沽营田750亩。同治五年（公元1866年）直隶总督崇厚将水利营田推进到海河北岸军粮城一带，开凿东、中、西河渠三道，分地为56排，故称为排地，垦辟稻田5万余亩。光绪元年（公元1875年），直隶总督李鸿章以海防紧要，命将领周盛传在海河南岸新城一带试垦稻田，通过开河筑坝，挡潮蓄淡，当年圈地约万亩，部分试种水稻，秋后获稻谷2 000余担。翌年移驻潦水套（后改名新农镇，即今小站镇），以此为中心进行大规模的水利营田。开干渠马厂减河，从静海县靳官屯引南运河水，经西小站、新农镇、东大站至西大沽汇入海河，利用淡水更有保障，而以海河为排水干河，经六七年的努力，到光绪七年（公元1881年）开成水田达60 000余亩，加上民营水田，共136 000余亩。[81]著名



图4-2-2-6　清雍正时期天津县水利屯田图

（选自《畿辅河道水利丛书》）

的小站稻就创始于这一时期。

明清时开垦渤海湾滨海荒地，一般是采用筑围田，开沟渠，建闸涵，并种植水稻以改良滨海涂地，工程技术引入南方围涂方法，因而取得了较好的成效。

（七）改良滨海盐碱地的技术经验

明代俞汝为总结了苏松、浙东沿海的围涂技术经验，他说："海边斥卤地方，恃护塘隔绝盐潮，雨水洗去卤性，有围筑成田者，筑堤凿河，引内湖之水以资灌溉，而水远难致，雨泽稍稀，便乏车救。……近年民间告明官府，豁除掘损田亩之粮，于田心中开积水沟，为夏秋车戽计，凡沟溇多处，其田多熟。或于绕宅开池，则近宅之地，必有收成。此苏松沿海地方，试之有成效者。"积水沟的面积占农田的比例是多大？他访问了老农，认为："每十亩之中，用二亩为积水沟，才可救五十日不雨"。稻苗生长期为120日，"十亩取二亩作积水沟，仅救半旱"。最好的办法是："必于山原上势相视洼下可蓄水处，筑围大泽，或环数里，或环数十里，上流之水，涓涓不息，庶足救济全旱矣。"[82]提出田中必须开积水沟蓄积淡水，水面占农田的比例不能少于十分之二。还提出在海边修陂塘，即建设海涂水库，以解决滨海涂田缺水问题，这是一项很有见地的工程技术方法。

明代邱濬、袁黄提出围垦京东、天津一带海涂的技术方法。邱濬说："大凡滨

海之地，多咸卤，必得河水以荡涤之，然后可以成田。津沽一带，其入海之水最大之处，莫如直沽；然其直泻入海，灌溉不多。请于将尽之地，依《禹贡》逆河法，截断河流，横开长河一条，收其流而分其水。然后于沮洳尽处，筑为长堤，随处各为水门，以司启闭。外以截咸水，俾其不得入；内以泄淡水，俾其不至漫，如此则田成矣。"[83]强调截断咸潮和引水洗盐。他还提出涂田的具体排水规划。他说：滨海之地"又随地势各为大沟，广一丈以上者，以达于大河。又各随地势各开小沟，广四五尺以上者，以达于大沟。又各随地势开细沟，广二三尺以上者，委曲以达小沟。……若夫旬日之间纵有霖雨，亦不能为害矣"[84]，强调在滨海盐碱地上开挖沟洫排水系统。

袁黄在《宝坻劝农书》（《畿辅河道水利丛书》引）中说："濒海之地，潮水往来，淤泥常积，有咸草丛生，此须挑沟筑岸，或树立桩橛，以抵潮汛。其田形中间高，两边下。不及十数丈，即为小沟，百数丈即为中沟，千数丈即为大沟，以注雨潦，此甜水、淡水也。其地初种水稗，斥卤既尽，渐可种稻，所谓泻斥卤兮生稻粱，非虚语也。"当时已把筑堤设闸，引水冲洗和蓄淡养青，种植水稻等一系列技术措施，综合起来加以利用，以迅速地改良滨海盐地。要求结合开沟将田面修成龟背状的台田，抬高田面高程，相应的降低地下水位，可防止返盐。农田中开挖大中小配套沟洫，渠道分布较密，有利于排潦水，蓄淡水，洗盐排盐，加速土壤脱盐的过程。这些经验具有普遍性意义，其原理和做法与今日的沟洫台地相似。在四五百年前能取得这样的成就，是难能可贵的。见图4－2－2－7。

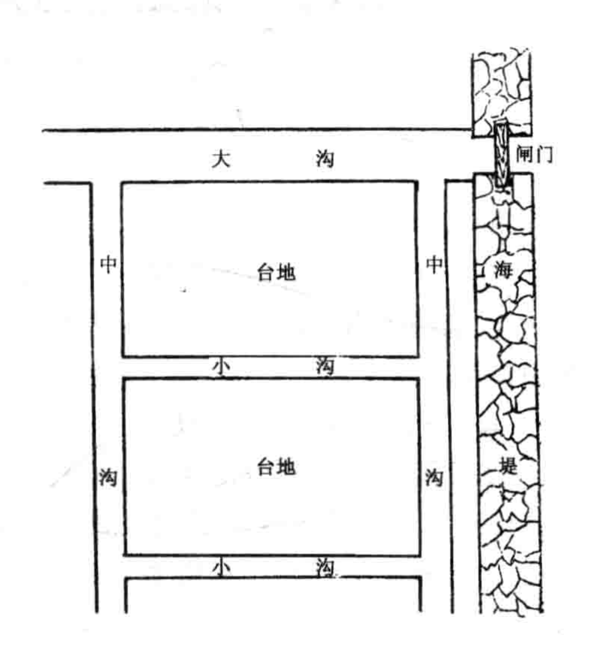


图4－2－2－7　滨海盐碱地沟洫布置图

由上可知明清时期海涂围垦水利技术的进步主要表现在各地能够根据当地海涂的增长情况，以及海涂的高程地势，规划围涂工程，或筑绵长的海堤，或筑多重海堤，或筑长短不一的海堤，或修围圩；挡潮闸水工程技术有明显提高，规模大，大量采用条石构筑，讲究砌筑技术，施工精良；还修筑堵港蓄淡工程，既增加水源，又缩短海塘塘线，提高御潮能力；不仅围垦已成之沙，还采用人工促淤措施，围垦



未成之沙，创造了围海造田的水工技术。尤为突出的是总结出一套水利工程与其他措施相结合利用改良滨海盐碱地的技术经验，如俞汝为、邱濬、袁黄等人都有这方面的论说。

参考文献

〔1〕《续海塘新志》卷二。

〔2〕《清史稿》卷一二八《河渠志三》。

〔3〕《海塘揽要》卷六、卷七。

〔4〕嘉庆《松江府志》卷一二《山川志·海塘》。

〔5〕武同举《江苏水利全书》卷三八至卷四〇《江南海塘一至三》。

〔6〕光绪《嘉兴府志》卷三〇引《海盐朱志》。

〔7〕光绪《嘉兴府志》卷三〇《水利·海塘》。

〔8〕光绪《嘉兴府志》卷三〇《水利·海塘》。

〔9〕《敕修两浙海塘通志》卷二《海堤》。

〔10〕《敕修两浙海塘通志》卷四《本朝建筑一》。

〔11〕《敕修两浙海塘通志》卷八《工程》。

〔12〕《海塘录》卷首二《老盐仓一带鱼鳞石塘成命修海神庙谢贶并成是什志慰用壬午观海塘志事诗韵》注。

〔13〕《续浙江海塘新志》卷四记载：筑1丈18层高的鱼鳞塘，需用大条石（厚1尺，宽1.2尺）1 183.3尺，价值白银156 993两；需用马牙排桩（每根围周1.5尺，长19尺）80根，梅花桩（每根围周1.4尺，长18尺）70根，价值白银58两；加上其他物料和施工费用，每丈估需工料316 262.5两。

〔14〕《续浙江海塘新志》卷四。

〔15〕嘉庆《松江府志》卷一二山川志《朱轼疏略》。

〔16〕嘉庆《松江府志》卷一二山川志《尹继善疏略》。

〔17〕光绪《江苏海塘新志》卷六《材工》。

〔18〕光绪《江苏海塘新志》卷六引《华亭志》。

〔19〕光绪《华亭县志》卷四《海塘》。

〔20〕光绪《江苏海塘新志》卷三奏疏《两江总督左宗棠江苏巡抚卫荣光奏》。

〔21〕《清世宗实录》卷一三〇雍正十一年四月壬子海望等奏言。

〔22〕清·翟均廉:《海塘录》卷一《图说·尖山石坝图》。

〔23〕《清高宗实录》卷一二五七，乾隆五十一年六月丁酉。

〔24〕清·翟均廉:《海塘录》卷二二《艺文》，张泰交:《修江塘记》。

〔25〕《清世宗实录》卷八九，雍正七年十二月丁巳。

〔26〕《浙江海塘通志》卷八《工程》。

〔27〕载《敕修两浙海塘通志》卷二《海堤》。

〔28〕载《敕修两浙海塘通志》卷一九《工程》。

〔29〕陈订《宁盐二邑修塘议》，《勅修两浙海塘通志》卷一九。

〔30〕以上见《海塘录》卷首一、卷首二。

〔31〕《海塘揽要》卷七《国朝建筑》。

〔32〕《海塘录》卷首二《圣制诗文》。



〔33〕《宋史》卷九七《河渠志七》。

〔34〕《敕修两浙海塘通志》卷一七。

〔35〕天启《海盐县图经》卷八《堤海篇》。

〔36〕嘉庆《松江府志》卷一二《山川志·海塘》。

〔37〕光绪《常昭合志稿》卷九《水利》。

〔38〕康熙《雷州府志》卷二《堤岸》。

〔39〕《海塘新志》卷一；《海塘揽要》卷七。

〔40〕明代成化九年，绍兴知府戴琥在“山阴新灶、柘林各置一闸，以泄江（钱清江）南之水；又于扁拖、甲蓬各置一闸，以泄江北之水”（蒋谊《新灶诸闸碑记》，载嘉庆《山阴县志》卷二〇）。

〔41〕《绍兴县志资料》第一辑。

〔42〕《明史》卷二八一《汤绍恩传》。

〔43〕沈寿刚：《试议绍兴三江闸与新三江闸》，载《鉴湖与绍兴水利》，中国书店，1991年。

〔44〕清·程鸣九：《三江闸务全书》卷上。

〔45〕《三江闸务全书》上卷《郡守汤公新建塘闸实迹》。

〔46〕陈鹏儿：《绍兴平原现代河网水系形成的探讨》，载《浙江水利科技》1981年第4期。

〔47〕民国《盐城县志》卷一《舆地》。

〔48〕嘉庆《两淮盐法志》卷二七《场灶》。

〔49〕嘉庆《海州直隶州志》卷一五《田赋》。

〔50〕嘉庆《两淮盐法志》卷二七，乾隆十年盐运使朱续晫议。

〔51〕嘉庆《两淮盐法志》卷二一。

〔52〕参见《南通市志·水利分志》。

〔53〕参见孙家山：《苏北盐垦史稿》，农业出版社，1984年。

〔54〕民国《崇明县志》卷六《经政志》。

〔55〕康熙《崇明县志》卷三《海岸》。

〔56〕民国《崇明县志》卷五《河渠志》。

〔57〕《江苏海塘新志》卷四《形势》。

〔58〕民国《南汇县续志》卷二《水利志》。

〔59〕钟世杰、李绪祖：《浙东水利撮要》，载《它山堰水利史论文集》，中国科技出版社，1997年。

〔60〕光绪《余姚县志》卷八《水利》。

〔61〕《敕修两浙海塘通志》卷三。

〔62〕民国《台州府志》卷四八《水利略上》。

〔63〕乾隆《温州府志》卷一二《海塘》。

〔64〕乾隆《漳州府志》卷二一《赋役》。

〔65〕乾隆《莆田县志》卷二《水利》。

〔66〕《珠江三角洲农业志》第二册《珠江三角洲堤围和围垦发展史》，1976年印。文中统计数据皆据此。

〔67〕康熙《香山县志》卷三《赋役志》。

〔68〕万历《顺德县志》卷三《赋役志》。

〔69〕张超良：《广东沙田问题》，1937年。

〔70〕咸丰《顺德县志》卷五《建置略二》。



〔71〕广州香山公会:《东海十六沙纪实》,1912 年。

〔72〕《清高宗实录》卷二八,乾隆元年十月。

〔73〕宣统《东莞县志》卷九九《沙田志一》。

〔74〕《珠江三角洲农业志》第二册《珠江三角洲堤围和围垦发展史》,1976 年印。

〔75〕《明史》卷二〇〇《蔡天佑列传》。

〔76〕乾隆《宝坻县志》卷一六《艺文》。

〔77〕汪应蛟:《海滨屯田疏》,载《畿辅河道水利丛书·畿辅水利辑览》。

〔78〕董应举:《请修天津屯田疏》,载《畿辅河道水利丛书·畿辅水利辑览》。这些屯区亦包含汪应蛟后任的努力。

〔79〕《清圣祖实录》卷二四四。有的史料称开成水田二百顷。

〔80〕《畿辅河道水利丛书·水利营田图说》。

〔81〕《清史稿》卷四一六《周盛传传》;民国《天津政俗沿革记》卷三。

〔82〕《农政全书》卷一六《水利》。

〔83〕张萱:《西园闻见录·屯田》。

〔84〕《授时通考·水利二》引《大学衍义补》。



第三章
陂湖堰坝

我国山地丘陵面积广大，占全国土地总面积的三分之二。明清时期南方丘陵山区开发的规模和程度超过以往任何时期。东南地区宋元时已有较多开发，明清时开发更加深入，中南和西南地区这时期进入大规模开发阶段。适于山丘地区的陂湖堰坝工程得到大幅度发展，分布广泛，数量众多，各地因地制宜加以修筑，尽量蓄积利用各种水资源，重视修筑技术，技术水平继续提高。其中云南地区湖泊水利的开发利用最为突出，治理技术进步明显。

第一节　陂湖堰坝工程的发展和技术进步

一、南方陂塘堰坝工程的发展

南方山区地形上的特点是西高东低，西部分布着高山高原，中部山地和盆地交错，多山地，逐渐过渡到东部的低山丘陵。总的来说，南方水资源较为丰沛，大小河流众多，有利于发展以种植水稻为主的农业生产。但存在雨量在时间上分配不均的问题，加上山区坡陡流急，河流具有易盈易涸的水文特征。数日无雨，溪河绝流，农田即告旱，一下大雨，山洪暴发，即冲田毁屋。所以修建蓄水工程调节径流最为重要，工程以“塘”、“堰”修筑最多。史称：山区“多山田，所恃以备旱涝，时蓄泄者塘堰是也”[1]。“堰”是在山谷和溪流上筑坝，拦引水流的灌溉工程，各地按工程大小及蓄水多少分别称之为“堰”、“坝”、“陂”、“堨”、“捺”等；“塘”是在谷口及高地水所汇归处筑堤，就地储蓄雨水的灌溉工程，此类工程称之为“塘”或“荡”。

明清时期塘堰水利及技术的发展，首先与政府重视丘陵山区的开发和灌溉水利的建设有关。如明洪武二十七年（公元1394年），因赣南山区万安县庶民匡思尧奏请，“以民间旱潦之苦，绘图陈奏”，要求修举水利。朱元璋采纳了他的建议，特命当地官员兴修水利，“并谕天下有司皆兴水利”[2]。当年遣国子监生和人材分赴天下郡县督吏民修治水利。第二年末，即洪武二十八年末，各地兴修水利工程上报：“是岁开天下郡县塘堰凡四万九百八十七处，河四千一百六十二处，陂渠堤岸五千四十八处。”[3]工程修筑的重点地区在东南山区。如浙江省据方志等资料统计，洪武二十七、二十八年有兴修水利记录的共22个县，1 053项水利工程。[4]其中塘堰工程有848项，占工程总数的80%，分布在安吉、新城、昌化、临安、富阳、建德、寿昌、桐庐、分水、淳安、遂安、常山、临海、仙居、天台等多山丘的州县，以常山县修建最多。光绪《常山县志》卷六《水利》引万历县志称：“洪武二十七年差官行县遍历乡村，率民修筑，凡陂塘二百八十有九，溉田四百七十五顷三十一亩。”又奏请兴修水利者匡思尧所在的江西万安县，洪武二十八年“遣官修筑信丰女陂、袁屋陂、李庄陂，共灌田八十六顷有奇”[2]。万安县经新修和维修共有



陂塘617所。[5]

粤、云、贵山地明清以前开发不够，明代“以中州谪戍之民填实岭表卫所，于是州县城廓之民大都非百粤之旧”[6]。其时大量设置屯田，移民开垦。云南明代在沐英、沐春父子镇守期间，先后从江西、南京等处共移民280万人入云南，促进了云南腹里地区的开发和垦殖。屯田最多时曾达126万多亩[7]，占全省在册总耕地面积的42.5%。贵州设有20卫，共有屯田95万余亩。明代兴修水利多与屯田有关，其中云南对滇池及一些高原湖泊进行了较大规模的整治工程，取得了显著的成就。

清代一再颁布鼓励开垦山场荒地的政策，如乾隆五年（公元1740年）发布谕令：“各省生齿日繁，地不加广，穷民资生无策……向闻山多田少之区，其山头地角闲土尚多，或宜禾稼，或宜杂植……嗣后凡边省、内地零星地土可以开垦者，悉听本地民夷垦种，免其升科。”由于开垦山地无需纳税或纳税极轻，许多贫苦农民大量涌入山区开垦。此外，清政府还实行招徕移民垦荒的政策，引导人口稠密地区的民众向地广人稀的地区迁徙。这就出现了如“湖广填四川”的移民浪潮，四川盆地的丘陵浅山和周边大山得到复垦和拓垦。雍正年间在滇、桂、黔、川、鄂、湘的少数民族地区实行“改土归流”，设置州县，纳入清政府直接统治之下，这样内地人口得以大量流入西南山区开垦，发展农业生产。在这些因素的作用下，山丘地区灌溉水利工程兴建甚多，促使塘堰水利技术有了进步。如乾隆时贵州石阡府郡守罗文思作《堰说》、《塘说》、《塘法》、《坝法》等，以劝导农户修建好塘堰工程。

其次，因大量贫民迁移至山区，及当地人口的自然增殖，山丘地区人口大量增加，故使山区土地资源得到空前的开垦，尤以河谷平原和山间盆地开发最为充分，在这些平原和盆地兴修众多的陂塘堰坝工程，发展水稻种植业。还有不少深山、陡丘也被开垦，有些坡地修筑成梯田种稻，修建蓄引水利工程灌溉。

由于山区地形起伏，沟谷支冲散布，平地面积小，土地破碎，所以工程以小型为主，数量众多。如明代人说：江西70余县，“陂塘无虑数万有奇”[8]。据府志资料统计，明代中期江西省的塘堰数超过两万所，其中山丘县塘堰有18 000千余所。[9]清代江西省的塘堰仍有发展，如广信府，明代嘉靖府志塘堰总数为395所，清代康熙府志为645所，乾隆府志增到2 605所。

福建省的塘堰据道光《福建通志》卷三三至三七统计，全省共有5 863所（台湾地区未计入）。闽东以兴化府和泉州府最多，闽西以建宁府和邵武府最多。塘堰发达的县有：莆田有塘堰965所、仙游有654所、浦城有629所、惠安有295所、建安（今建瓯县）有253所、福清有241所、长泰有150所、邵武有143所等。

浙江省据雍正十三年（公元1735年）《浙江通志·水利》统计共有塘堰4 340所。其中塘堰多的县有：常山有524所、天台有249所、龙游（今衢州市东北）有200所、西安（今衢州市）有192所、永康有191所、于潜有153所、金华有140所、兰溪有131所、新城有125所等。

皖南山区据府志统计，明代中期有塘堰1 752所，清代仍有发展。

江苏宁镇丘陵地区据方志记载统计，清代光绪时有塘坝700多所。

以上说明东南山区塘堰水利甚为发达，中南、西南山区明清时期也修建了许多

塘堰工程[10]，不胜枚举。

山丘区的平原和盆地是府、县治所所在地，成为当地的政治、经济中心，往往花费较多的力量修筑塘堰灌溉工程，工程规模较大，技术上多有改进。随着梯田在山丘地区的发展，它的灌溉技术也不断得到提高。

二、南方陂塘堰坝工程的技术进步

明清时期陂塘堰坝工程的技术进步主要体现在以下几方面：

（一）南方山丘地区以塘堰灌溉工程为主，又与多种工程相结合，采用蓄、引和提水灌溉，充分利用水资源。

乾隆《（湖南）沅州府志·水利》说："府境之利资以灌溉者有二，曰山溪、曰洞泉。壅溪曰堰，引堰之水而入田者曰圳；亦有障堰而蓄水者，曰陂；通泉曰渠；刳木引渠之水而入田者曰枧；其凿地而潴水者曰塘；举具斛塘之水而入田者曰斛；转轮激水曰车。陂亦曰车堰，溪亦曰港，泉亦曰井。"山丘地区利用的水资源主要有山溪和泉水。由于山区"山高水陡"，水存留不住，所以要筑堰截流，然后引入圳（渠）中。如筑堰后还形成一定的蓄水库容，则称为陂。山区泉水丰富，大部分发源于山地或山麓地带，地势较高，水源较为稳定，能实行自流灌溉，灌田极为方便。但泉水一般流量较小，需蓄积起来利用。如道光《（江西）上高县志·风俗》称："山多泉，陂池塘堰随地潴蓄，遇小旱不绝收获。"有时还架竹笕、木枧引水入田。而就地凿深池储水者称塘。山丘地区堰坝往往比池塘更加重要。浙江《衢县志》说："田又有堰田、塘田之不同……若逢旱年则塘田往往不及堰田，以塘水易涸，非比堰有来源，长流之水犹可施桔槔（水车）以济之也。"[11]乾隆《（江西）南安府大庾县志·水利》称："庾邑山高水陡，车戽不上傍溪之田，亦不食江水，资山泉者十一二，资池塘者十二三，资陂圳者十居其七。"堰田多在山垅处，塘田多在平板处。明清时山区县堰坝常多于塘池。修筑陂堰后，如农田仍引不上水，则架水车提水，这在山区的水利设施中很是普遍。又在流水陡急的地方常设置筒车，为增加水力，有些地方在溪河上筑堰坝加大水位落差以激水轮运转。如江西南康县在章江、塘江及支流桃江河、田江、龙华江上筑有许多陂坝蓄壅水，再设置筒车，所灌溉的农田称之为"车荫田"[12]。福建漳平县的"车陂"也是甃石以截溪流，置车于中，"不假人力"[13]，甚至连海南岛塘坝水利也已扩大到沿海四周的台地。明代正德《琼台志》卷七记载：儋州（治今儋县西北）的大江，源自沙锅岭，蜿蜒百余里入海，沿江两岸皆截流作堰，架车灌田千余顷。琼山县有迈容车坝，"绝溪筑栅作水车升水灌田千余顷"，此水车应为筒车之类。至于塘池占土地面积的比例，明清时主张比例达十分之二三。如嘉靖四年（公元1525年）浦江知县毛凤韶说："邑负大山……近溪涧者依溪涧开沟渠以灌注……无溪堰者则为塘。如五亩相连，则将上一亩筑塘，田散落则每坵筑一小塘，大约以十分为率，将二三分为之。"[14]塘占土地的比例大，是为了提高灌溉保证率。明清时期南方各山丘地区根据各自的水源、地形等情况，因地制宜，修筑以塘堰为主的水利工程，并采用多样水利技术，努力扩大农田灌溉面积。

（二）大量采用梯级堰坝和堰渠塘串联工程技术

山丘地区为了更好更多地利用水资源，常于溪流上节节筑坝，分段拦蓄水流，



灌溉农田。节节筑坝，适于山区的地形特点，且堰坝工程量比集中筑大坝工程量小，农户易于施行。如余干县，“高乡藉山涧之水以灌田，每于涧中砌造石陂以遏水之下流，使水横溢入田，圻圻相达。其太多之水从陂石之上漫流而去，及地势复起之处田水不通，又作一陂以遏之，傍溢入田，沼涧相仿古之良法也”[15]。南康县在赣水上游章水的数十条支流上节节筑坝，共筑陂坝210所，而发源莲花岭流至上犹江（再汇入章水）的一支流上就筑有陂坝11所。[16]浙江常山县“溪水大者自上而下，势如建瓴，恐其一泻无余，故多设木坝或筑石坝为蓄水之计。山水……多从坝面浮流而下，故坝以蓄水而不至阻水，而一溪之流常数十坝”[17]。梯级堰坝还与梯田灌溉相联系。道光《（江苏）吴县光福志》卷一说：“梯田怕旱，其蓄水灌溉法，近水筑坝，自下而上，分作数层……递相引水，以达于田。”又浙江汤溪县（今金华市西南）的白沙堰，相传为汉柱国将军卢文台所开，明清时堰区的规模很大，在白沙溪上筑有36个梯级堰，26堰属汤溪县，其余10堰属金华县，“堰各有潭，潭各筑塞，大抵俯仰诘曲与溪为谋”[18]。即各堰都附有潭，潭建有闸门，通过渠道可以和溪水互补，形成堰渠潭（塘）结合的工程形式，从而提高了灌溉保证率，体现了南方山丘地区水资源利用技术上的进步。

（三）在堰塘建筑技术水平上有提高

明清时期山区中小型灌溉水利设施在总体布局及工程技术方面也较为讲究。湖南沅江流域堰塘水利发达，清同治《溆浦县志》卷四引乾隆志具体记述了当地筑坝塘工程的规划、建筑技术。对于筑坝工程，称“凡立坝，必就滩砌筑，坝尾留溶——土人谓舟行处为溶。坝首浚沟制水入球——土人谓圳曰球。又于近坝处开口消水曰闬（即闸），恐水涨坏球也。球塍埋石通中以分水曰瓴（即涵洞），瓴下有球。如田高水不能入，用木板壅水入田曰塞榨溪。坝积水不多者于坝下傍球处塞小坝以盈上坝之水曰腰坝，坝上另立小坝接水曰扶水坝。球遇他球横隔则枧而过之，小者以木，大者以石，曰枧。近江之田虽可作坝，不可凿球，即如安水碓法，激水转轮，缚筒注水递入于枧，曰筒车坝”。将坝筑于有滩处，即水流稍缓的地方，不易冲毁。坝尾筑得稍矮，以过舟。坝的上游开渠，渠首段建泄洪闸。渠堤上设置分水涵洞，分水入下一级渠道。如田高于渠道，在渠道上用木板筑塞壅水入田。坝积水不多可在其上下再筑坝。还可根据情况采用木枧、石枧和筒车等设施。当时在布置坝时考虑周到，有截流、蓄水、泄洪、分水、引水、提水及行船等相应的设施，因地制宜，布置较为科学。对于筑塘工程，该方志记载：“塘之利如坝，大者为堰塘，小者通谓之塘，塘亦有瓴，大瓴用石，小瓴用陶器及木。在上者为闬瓴，在中者为腰瓴，在下者为底瓴。塘大者下亦有坝、有球。而最奇者因山为池，于两山中凿池使深，引泉注之而塞其口为堤使厚而坚，用以潴水”。总结了修筑平塘、山塘的技术，当时山塘修筑还不多，故觉得稀奇。该县杉木塘等7个塘皆为山塘。山塘类似今之水库。山区的陂在溪流上筑坝，其主要作用是壅水；而山塘在山谷中筑坝，能蓄积更多的水，它所在的位置高，能自流灌溉农田。所以山塘的推广是水利技术进步的表现。

清代乾隆年间贵州省石阡府罗文思作有《堰说》、《坝法》、《塘说》、《塘法》[19]，载有堰、坝、塘的修筑技术。在《堰说》中指出：“平田作渠引水以资灌



溉非不善，而天时稍旱水易竭与无渠等，惟有堰始能常蓄涧流。作堰之法，略如作坝，但坝须留港，此则横截中流，较平田稍低数寸，水大则直过其上，水小则停蓄不泄也。”《坝法》中指的坝谓安放筒车的坝，他说：“水分则势缓，聚则势急，安车之处必急水方能冲转，非筑坝不可。其法：用劲木长六尺为桩，将一头削尖交叉打入水中，如鹿角，于近岸安车用砂石壅堆之，使无动摇。其布桩上广下狭，逼水急流至车所，车自转动”。如果河水比较平缓，采取在离下坝十余丈以上更筑一坝，从坝头接筑曲坝直连下坝，使水流从一线奔下，逼成急势，可安放水车两座。《塘说》讲的是塝田处筑塘的方法。塝田在山麓的高阜处，也是梯田的一种，其抗旱的方法是筑塘。“作塘之法，先度地势，于田头之上，当众流所归处，随地宽广开挖为塘。塘形多上高下低，其下即以塘土筑横堤，堤脚仍布木桩以防崩卸，中留水窦以备启放，此谓头塘。至田之中段亦有旁山归溜处，照前作为腰塘，次第启放。间有开塘得泉，因泉开塘者，大都藉山泽雨溜以为蓄。”依山势筑有多座塘，可以根据需要蓄放和调节水，技术上比宋代陈旉《农书》所讲又有进步。《塘法》中讲了两点：一是要求在堤上种柳，这样做的好处，“枝叶可荫塘水，盘根可固堤脚”；二是水窦用新伐松树，存皮，剖为两，中间挖空，再合紧，安于堤中，这样存皮的松树，“在水中经久不朽”。

东南山区较大型的塘堰多创自明清之前，明清时作了许多重建和改建工作，南方其他山区较大型的塘堰工程则创自明清时期，各地在修筑技术上皆有进步，布置更加合理，灌溉面积增加，广泛采用石坝，砌筑讲究。如浙江衢州府龙游县有姜村堰、席村堰等大堰，两堰皆为元代至顺年间修筑，位于县南20里，拦截茅溪之水，上为姜村堰，下为席村堰，有子堰72座，共灌田3万余亩，为县境最巨之堰。明代嘉靖四年堰为山洪冲坏，官府组织重修，筑导水堤80丈，修石坝150丈，扩大了灌溉效益，以后又多次大修。[20]江西铅山县火田陂灌田数万亩，旧圳每患泥沙淤塞，明代成化初、清嘉庆十四年、道光四年屡次改建加修。先后筑新堤1 100余丈，凿建石桥数座以防洪水冲击，桥下开坪分水，圳下复分九处陂塘以均灌溉，造闸二所，新开塘四口[21]。安义县密陂，旧用松桩竹楗实以散石，覆以草皮，汛期常被冲毁。明嘉靖二十八年改以石甃砌，长90丈，阔5丈，疏圳5路，灌田600余顷[22]。南丰县的九陂，石工考究，“每石长八尺，广视长四之一，厚视广半之，纵排而衡联，自东至西排九十片，自下而上垒十一层，纵用双料，袤一丈六尺”[23]。湖北郧阳地区以往开发不够，明清时期才有较多的开发，在山间平坝和河谷平原兴修水利，以房县澂澂堰最大。明万历中知县朱衣修筑此堰，“凿石为斗门，大者三，小者三十五，中为管（涵管）七十余”，以时蓄泄，灌溉上、中、下畈稻田万余亩。[24]湖南溆浦县的千工坝，筑于明代成化三年，灌区起湖田坪迄茅坪村袤30余里，坝以石筑，至二十一年才成，“引射龙湾水灌田四万有奇”[25]。全县水利以千工坝为最大。四川射洪县的广寒堰，于乾隆二十五年建成，堰坝用石砌成，石缝熔铁汁灌之，灌田3 000亩。[26]广西庆远府宜山县，于乾隆十五年在县城东南20里的洛濆河上筑坝修堤，到乾隆十九年，“兹堤坝石工俱已告竣，实丈得可垦田六千二百余亩”[27]。云南东部高原地区，有南盘江流过，明代因屯垦需要在南盘江支流上筑坝，如交水上筑天生坝、交水坝，白石江上筑陆凉新坝，泸川上筑



永惠坝，弥勒州筑构甸坝等，其中以陆凉新坝规模最大。陆凉新坝位于今陆良县城东的白石江中，明天启年间创筑，修筑的是拦河石坝，易淤。清雍正年间在其下游十里处重新修筑，为砌石闸坝，故称为新坝，有13孔闸，采用石墩木叠梁闸门控制蓄泄，灌溉22个村寨农田[28]，成为南盘江上最大的拦河闸坝工程。可见，明清时期山丘地区修建塘坝的技术已普遍提高。

（四）加强塘坝的管理维修制度

水利工程的管理好坏也是衡量其技术水平高低的一个重要方面。山区河溪水流湍急，山水暴发则坝溃岸决，堰坝常被冲坏。又乡村陂塘，常发生争水纠纷，或被豪者侵占，占为己有，有的蓄鱼阻水，有的侵垦为田，有的装碓以专利。此外，水利与水运也存在矛盾，山区盛产竹木等山货，漂运竹木常损坏堰坝，还往往与灌溉封坝发生冲突。为了很好地维持用水秩序，持续地发挥塘坝的效益，合理地综合地利用好水资源，乡村和大一些的塘堰往往制定有管理维修制度，有一些地区还继承发展了上代流传下来的制度。如浙江省于潜县在宋代已形成："大堰各立长，董率共利之人察其决坏而增筑之，相畎亩之枯润时其疏瀹而均注。先后有次第，高下有承接，背约有罚，甚则有刑。小堰各从民便使自为之，或一家得专，或众有私约而不立之长。"[29]丽水县通济堰南宋订有堰规20条，很有名，明万历三十六年又重订堰规八条。

明清时山丘地区普遍设有堰长、塘长，制定有管理维修制度。清人凌介禧在《东南水利略》中指出："诸山之田恃溪，溪之利在堰，堰之修在甿（民），甿之督在长。"江西玉山县实施："为立久远之利，某陂灌至某处，计田若干顷，某陂立长某人，陂甲隶其下。灌溉以顺而逆戽者有罚，启闭以时而窃泄者有禁，区划曲尽，绰有成规。"[30]堰长、塘长要管理用水分配和维护设施等事宜，担负责任重大，塘堰多的州县设置管理人员甚多。江西省浮梁县（今景德镇市北）陂长、塘长多达313人[31]。浙江汤溪县的第一堰，明、清时设有堰夫500名，从事缮葺工作[32]。县、府地方官也有督修的职责，并要及时处理水利纠纷。

维修塘堰的资金、人力来源，一般是"计亩醵金"、"计亩出役"，按照灌溉受益田亩的多少征收钱财和分派工役。还设置塘堰公田，以其收益供作塘堰维修管理开支。如江西武宁县黄陂堰置有堰田30余亩，租入供修补支出。[33]此外，关于修堰的物料也有规定。如浙江省汤溪县第一堰，置有两处"堰山"，以取泥土和薪材作护堰之用。[34]对航运、漂木的时间亦作了规定。如浙江临安县规定"地出薪炭香纸结筏转输必以其时，定例闭堰于四月朔，开堰于九月朔"[35]。有的地方因在封堰期间争执太多，于是做出一些调整，视来水情况兼顾运输等利益。如康熙《衢州府志》卷十《水利》载：西安石室堰"仍遵四月封堰九月开堰之限也。自今（康熙四十四年）以后但当相时为定，如四月水多，虽经封堰之期，仍于堰中留一小口，即可以杀水势，亦可以放小簰。如田正需水，则并其小口截塞，一切商货俱由堰沟至郡城南门盘坝入江，商民两便"。

第二节 云南高原湖泊的水利治理技术

滇东高原地势起伏较和缓，盆地（当地称坝子）及湖泊众多，著名的湖泊有

滇池、阳宗海、抚仙湖、星云湖、杞麓湖、异龙湖等。明代云南屯垦事业兴盛，因屯垦的需要对滇池等湖泊大加整治，进行开发利用，取得很大的成绩，清代在此基础上继续发展湖泊水利。明清时期云南的湖泊治理利用技术有了显著的进步。

一、滇池的治理工程技术

滇池，位于昆明市西南，金沙江支流普渡河的上游，是云南高原水面积最大的湖泊。湖面水位高程在 1 886 米（海防高程系统），湖面积为 309.3 平方公里，平均水深 5 米，总容积为 15.7 亿立方米。滇池汇纳水源甚多，以盘龙江为主源，另有东白沙河、西白沙河、宝象河、马料河、洛龙河、呈贡大河、梁王河、柴河、东大河、海源河、金汁河、银汁河等数十条大小河流。通称盘龙江、金汁河、银汁河、宝象河、马料河、海源河为“六河”。滇池集水面积约 3 000 平方公里，而宣泄出口仅滇池西南海口一处，形成“上源深广，下流浅狭”的情势。夏秋暴雨时期，海口宣泄不及，滇池水位急剧增高，不仅淹没农田，还危及昆明城的安全。然而因年内雨量分布不均，加上河流集雨面积小，“其源甚小，其流无多”，“每遇春时雨水缺乏，竟成干河”[36]，池水随之低落，造成农田缺水灌溉。加上滇池周围多山，诸河水流湍急，挟沙而行，流至平坦的昆明坝子后，水流变缓，泥沙逐渐沉积于河床，雨期暴涨，宣泄不及，泛溢为害，尤其是泥沙阻塞滇池出水河道，严重影响滇池的泄洪。明代人说：滇池“源广末狭，若倒流然……顾下流地势颇高，加以两山沙石雨水冲入，众流之会日溢焉，故泛滥弥漫，而膏腴沃壤浸没十之八九，民甚苦之”[37]。见下页图 4－3－2－1。

明代，为了稳定西南边疆，在云南设置卫所，广开屯田，劝课农桑。如洪武十九年（公元 1386 年）平西侯沐英首倡云南军屯，到洪武二十五年，“垦田至百万余亩”[38]。昆明坝子是明代屯垦重要的经营地区，为发展农业生产，极为重视滇池水利的修治。明代规模较大的修治工程有十多次：

洪武时沐英在滇，因“滇池溢，浚而广之，无复水患”[38]。

景泰五年（公元 1454 年），由沐璘主持改建盘龙江上的南坝闸。南坝闸位于昆明城南五公里，距滇池也约有五公里，该处是盘龙江入滇池的最后一道“咽喉”。元代至正年间已建，但为土木结构，容易损坏。明代决定改建为石闸。于景泰五年八月开工，历时半年，“甃石为闸”，共有八万多人参加施工，受益农田达几十万亩。[39]

成化十八年（公元 1482 年），巡抚吴诚主持疏浚云南东西两沟，自松华坝黑龙潭抵西南柳坝南村，“灌田数万顷”[40]。

弘治九年（公元 1496 年），云南知府董复主持疏浚金棱河，并修石坝 80 余里。[41]

弘治十四年（公元 1501 年），巡抚陈金主持浚治海口水道，参加施工的军民约两万人。又修旱坝 15 座。并订立岁修、大修之例。[39]

正德四年（公元 1509 年），滇池涨溢，巡抚张泰主持，筑坝数十里，以防水患。[42]

嘉靖二十八年（公元 1549 年），天雨越旬，水大至，海口周围农田被淹，巡抚顾应祥主持挖子河，筑坝九座，引沙泥入子河，除黄泥滩之患。[43]



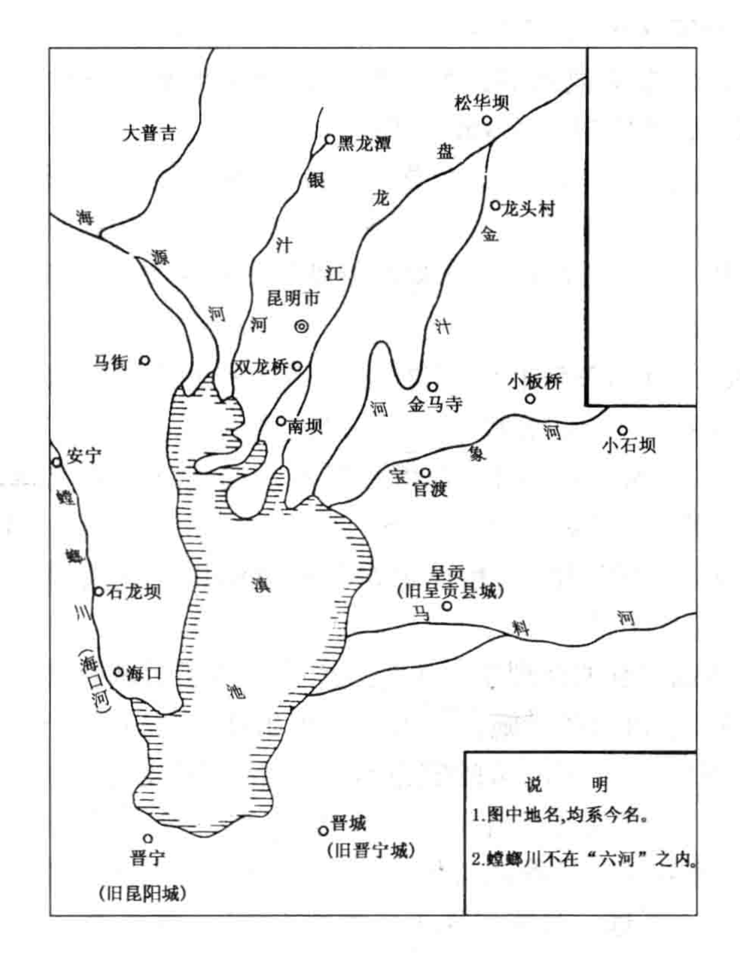


图4-3-2-1 昆明海口河及六河示意图

（采自《滇池水利小史》）

隆庆四年（公元1570年），左布政使陈善开凿横山石洞50余丈，引白崖水灌田四万亩。[44]

万历元年（公元1573年），巡抚邹应龙动用人工1 500人，挖海口河，分段修浚，开挖螺壳、黄泥二滩。[45]

万历三年（公元1575年），布政使方良曙主持疏浚海口河，水流渲泄顺畅。[45]

万历四十八年（公元1620年），修筑松华坝闸，改土木结构为石结构，方便了蓄泄，共动员“匠作田夫五万七千余”[46]。

清初，吴三桂以滇池地区为据点，拥兵割据，战祸连年，滇池水利设施破坏甚多，如金汁河，“沿河之堤埂坝闸，未经修葺，日久倾颓，上年大兵困逆，周围壕堑，不得不拆毁挑挖，以致水利阻塞，灌溉不通，田亩荒芜”[47]。松华坝则“大兵平滇，坝已倾毁”。康熙后期清政府在云南的统治巩固后，采取了一些发展农业生产的政策和措施，并大力兴修水利，对滇池水利多次进行修治。据民国《续修昆明县志·水利》记载，重要的修治工程如下：

康熙二十一年（公元1682年），巡抚王继文首先提议兴修滇池水利，修复“六河”及各闸坝。

康熙二十七年（公元1688年），巡抚王继文主持修复松华坝。

康熙四十八年（公元1709年），总督贝和诺主持修治海口及“六河”。雍正三年（公元1725年）总督高其倬继续修治。



雍正七年至十年（公元1729～1732年），总督鄂尔泰、巡抚张允随、水利道副使黄士杰主持，大修滇池水利，修松华坝，砌南坝闸，修浚“六河”，增开子河，修治海口河等，共完成工程160多项。

乾隆十四年（公元1749年），总督张允随主持，修治“六河”堤岸闸坝，浚治海口河。

乾隆四十八年（公元1783年），巡抚刘秉恬主持疏浚昆明“六河”，培堤、砌闸、筑坝。

乾隆五十年（公元1785年），巡抚刘秉恬主持修海口，从龙王庙至石龙坝，长2 775丈，挖深一二尺至四五尺不等，以资宣泄。

道光十八年（公元1838年），总督伊里布、巡抚颜伯焘主持，修浚“六河”及海口，改土坝为石坝。

光绪三年（公元1877年），粮储道崔尊彝重修松华坝及“六河”河道坝闸，规模较大。

明清时期在滇池水利的治理中，工程技术亦取得了明显的进步。

1. 采用多种浚治海口的措施，扩大了洪水出路。海口为滇池的咽喉，保持海口的畅通对滇池周围农田和民居的安危至关重要。明代弘治十四年（公元1501年），浚治海口河，从螺壳滩至青鱼滩，长达20里，畅通了洪水出路。万历三年（公元1575年），布政使方良曙通过调查，搞清海口河干流河道中，从出口开始，先有牛舌洲横于前，不远，又有“龙王庙洲塞于中”，将河道一分为二，左边的主河道，宣泄“十之六七”的水量，右为次河道，“旁行十之三四”。由于淤积，主河道排水甚少，“左流才一二耳”。以下还有螺壳、黄泥二滩之淤。当时，定出浚治的关键是疏浚主河道，依此方案施工，只历时3个月，花费工钱仅400金，就治理了河道，使海口保持较长时间的通畅。[45]另一措施是在海口河顶冲段修筑护堤，有的堤采用了四川都江堰的竹笼工技术。如嘉靖时浚治海口，曾“自茶卜墩下汇子河故滑新筑堤御，编篁析箬，囊石怀壤，如蜀之湔堰升于蛇笼之制，以扫㶉淫波，若黄河软滩嫩堰法”[43]。在工艺技术上作了改进。

清代雍正年间鄂尔泰、黄士杰在治理海口时，技术措施又有大的改进。以往治理海口河，主要以疏浚河床的泥沙淤积为主，而对横在江心阻水的老埂、牛舌滩和牛舌洲从未触动。老埂是过去浚河筑坝的遗基，牛舌滩和牛舌洲各长50余丈，是天然形成的“暗礁”。滇池出水处水深有八九尺，而下游牛舌洲处水深仅九寸，阻水严重。雍正八、九年（公元1730－1731年），铲平了这三处阻塞，又建逼水坝使新开河畅入大河，且在石龙坝下另开引河一道，排泄顺畅，“涸出腴田甚广”[48]。道光十八年（公元1838年）又在海口建屡丰闸。以前每次疏挖海口河，都在湖水出口处筑土坝挡水，以便于施工，工完后再拆坝放水，费工费料，而且还会留坝基阻水，造成淤积。乾隆年间已有人提出“以闸代坝”的建议，道光年间伊里布任云南总督时将此工程实施。当时利用了海口河心的牛舌洲和牛舌滩基为界，把闸分作三段：“南河闸墩十座，闸口九孔；北河闸墩五座，闸口四孔；中河闸墩十座，闸口九孔。……墩高二丈一尺，径丈三，上跨石梁，以便行旅。”[49]最后建成内外两道闸门，中间填土，止水效果很好，故名为屡丰闸。屡丰闸的建成，



说明海口治理技术取得长足进步，直到今天，大致仍在此位置建闸。

2. 改建坝闸结构，改土木工为石工，提高工程质量。明代以前所建坝闸工程，多为土木结构。如盘龙江上的南坝闸，“为堰不过兴一时之利，而于经久之计则未闻也”[50]。明代景泰五年（公元1454年）改土木结构为石结构，建成了石闸。又元代所筑的松华坝，“支以木，筑以土，而无闸，势若堵墙，遇浸辄败”，为抗冲力较差的土坝，差不多年年筑坝，年年被冲毁。明代万历四十六年至四十八年（公元1618－1620年），云南省水利道朱芹将土木结构的松华坝，改为石闸，闸口“高一丈余，长三丈余，广一丈七尺”。闸身的用料和施工十分讲究，“皆选石之厚坚者，长短相制，高下相纽，如犬牙，如鱼贯。而钤以铁，灌以铅”。[46]工程质量提高，启闭方便，效益提高。之后，清代康熙二十七年（公元1688年）、同治二年（公元1863年）、光绪三年（1877）、光绪十六年（公元1890）又进行重修。重建后的松华坝，实已成为由拦河石闸为主的金汁河渠首建筑，其配套工程还有金汁河锁水闸及滚水坝。石闸墩高3.9米，宽13米，长约25米，闸枋宽6.0米。石闸墩将盘龙江分为左右两河道，右河道仍为盘龙江，左河道则为金汁河首，河宽10米左右。江水流下约90米至锁水闸，闸高3.6米，闸枋宽3.4米，可调节和控制金汁河渠首进水。当进水量过大，又可通过滚水坝泄入盘龙江，不会漫溢入金汁河。见图4－3－2－2。

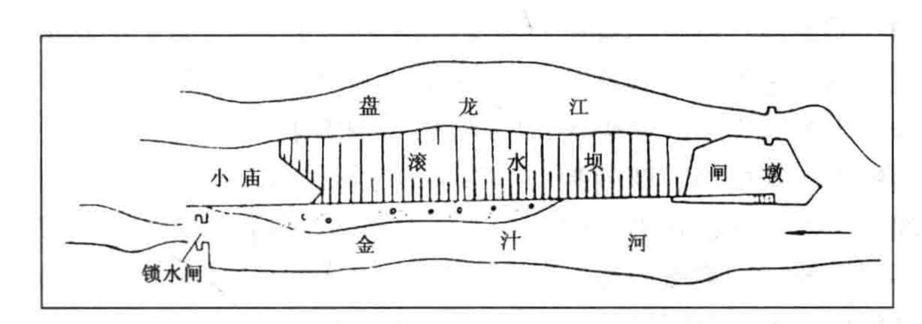


图4－3－2－2　清代松华坝工程示意图

南坝和松华坝是盘龙江上的重要工程，其他坝改闸，坝闸改建为石工则更为普遍。如明代弘治年间，知府董复主持修浚金汁河，曾筑石坝长80余里。清代继续对易冲河堤进行圬工砌筑，改建为石堤。乾隆四十九年（公元1784年），还将金汁河上的韩冕闸坝改建为滚水石坝，平时利于蓄水，水大时滚坝而过不会漫堤。

3. 完善“六河”灌溉渠系工程，扩大灌田面积。元代滇池地区近百万亩农田，主要靠金汁、银汁两河灌溉。明清时期，农田经不断开垦增多，需要扩大灌溉面积。当时通过增筑闸坝、增开支河的措施，将水引至各地农田。这样以“六河”为骨干河渠的灌溉网逐步形成。雍正时黄士杰《六河图说》对此有较详细的述说。采取的措施是在各骨干河道上修建有若干节制、分水和泄洪的坝闸，骨干河道又开有支河，支河上设有涵闸以引水灌溉，沿途又修筑有积水堰塘，以蓄积闲水供需水时用。如金汁河，自松华坝分出盘龙江水，坝旁设撇水大闸，“送水入盘龙江，以防水大漫溢河堤”。金汁河渠首正闸为锁水闸，“水小则开闸枋注水入金汁河以收水利，水大则闭闸枋送水入盘龙江以防水害”。水闸下数丈设撇水小闸，又数丈设泻水小闸，下流又顺次置戴金箔闸、漫水闸、大小韩冕二闸，“各闸水大则开闸



枋，将水送盘龙江以免漫溢，水小则闭闸枋，将水收入金汁河以资灌溉”。自韩冕闸15里许设小坝闸，闸下流开成支河，“以时启闭灌溉东门一带田亩，并泻河水入海”。河水下流又有三元闸，南流五里许有漫水闸，流里许设广南卫沟灌溉田亩，余水排入王宝海。河水下流又设金棱闸，分河水向西流入明通河十字闸，送水入盘龙江。金棱闸南流七里设民军沟，置有涵洞引水入五排的三塘九围，此乃积水堰塘，“每年自正月起至三月初旬，沿河田亩不需河水之时，将水收入堰塘之内以资灌溉”。河水自民军沟头南流三里设燕尾闸，正河又分二支，分别流入滇池。金汁河自松华坝起至入海，共长70里，沿途设有大小十几座闸，支分派别，灌溉田亩，排泄余水。其他各河也形成自己的灌溉排水系统。在灌排系统中闸坝起着非常重要的作用，依靠闸坝拦水、引水、分水、泄水、拦沙。因“滇处万山之巅，省会附郭膏腴数十万顷，皆籍六河之水以资灌溉。然地势建瓴，河带泥沙，苟无闸坝修浚诸法，水急则一泻无存，水缓则沙停可滤”。所以建有各种用途的闸坝，因地因势布置。据《续修昆明县志》卷二等不完全统计，明清两代“六河”及其支流上新建的水闸有桑园闸、小坝闸、杨柳沟闸、矣龙村闸、千舌村闸、响水闸、石坝闸、土桥闸、光村闸、新村闸等45座；“六河”流域新筑堰坝有永定坝、苏家堰、棋盘堰等50余座。此外，于干河上开支河、水沟也很重要。支河、水沟起分水灌溉和排泄余水的作用，并与其他河道沟通，形成灌排水系网络。如金汁河有广南卫沟、民军沟、明通河；银汁河有东龙须沟、西龙须河、一瓦水、牛吃水；马料河有漾水沟、上坝沟、左卫沟、清明沟、河沙沟、罗家沟、老杨沟；宝象河有东鸳鸯沟、西鸳鸯沟、麻线沟、羊堡头沟、广济沟、杨柳沟、清水沟、岔沟、泥鳅沟等；海源河有南甸沟、茨桐沟、新闸沟、马军沟、玉峰沟等。“六河”水源并不能完全满足农田灌溉之需，所以在沿途建有不少积水堰塘，以蓄积非灌溉季节的河水、山箐水和秋冬雨水等，供灌溉季节时使用。各堰塘与沟渠相连，进行互补，这一技术措施也很具特色。如金汁河系的三塘九围；银汁河系的王公堰、龙王娘娘堰、惊蛰堰、古城堰、莲花池、黑泥塘；马料河系的羊落堡堰塘、堰河堰塘、万朔村堰塘等。这样在滇池地区形成以六河为纲，闸坝罗布、沟渠交错、渠塘串联较为完善的灌溉系统，加上实行轮排轮灌制度，蓄泄有序，较为充分地发挥了工程的效益。

滇池灌区渠道工程技术方面的又一进步表现在横山水洞的开凿上。为了开辟水源，扩大农田灌溉面积，明代隆庆四年（公元1570年），在云南省布政使陈善主持下，在今昆明城西30里的龙院村西开凿横山隧道。当地龙院等八村距滇池不远，但地势高昂，“以故池水不可逆行而仰灌，村之负山而田者，无论愆阳，即旬日不雨，土脉辄龟裂，岁辄不登”[52]。村西35里的白石崖有泉水流出，但被横山阻隔。因此，决定开凿横山隧道引泉灌溉。隧洞“长五十有八丈（实测为248米），洞高五尺，广二尺，断木如高广之数以支颠圮，功成徐易以石”[44]。当时召有易门矿工20人，采用采矿开巷道的技术方法，掘进时用镶木支撑隧洞，最后用石进行衬砌，确保了通水成功。又凿白石崖沟，汇集泉水22道。隧洞以东开“蜿蜒萦行”的盘山水渠，“（长）四千一百八十三丈，广盈尺，深愈咫”[44]，引水至龙院村一带。经过两年多的努力，于隆庆六年（公元1572年）二月竣工通水，灌溉八村农田45 600亩。横山水洞是云南省最早开凿的隧道工程，由于布局选线合理，开凿技术



过硬，一直延续至今仍在使用。

4. 采取多种防止泥沙淤积河道的工程技术措施。滇池地区四周山岭环绕，河流都发源于山地，坡陡流急，每年挟带大量泥沙沿流而下，淤积在下游坝子河床及滇池之中。明清时期，滇池淤缩加快。明代万历年间昆明知州许伯衡《海口记》[53]谓："古称滇池周五百里许，今高者为平陆，下者为田污，恐不能一二百里。"盘龙江、海源河流量大，挟带泥沙多，河口淤垫相对其他河流迅速，明代滇池西北部已是蒲草丛生，称为"草海"了。万历年间在湖的北端筑堤路一条，是为"海埂"，将湖分为"草海"（内海）和外海两部分。因此，泥沙问题是治理滇池水利需要解决的重要问题，除经常疏浚河道淤积外，当时还创造了不少防治泥沙的工程技术措施。

一是治理山箐水，控制泥沙不入大河。山箐水挟带大量泥沙流入海口河及"六河"，所以要设法使泥沙不流入大河淤塞河道。如海口河两岸比较大的山箐水有十条，其中北边二条，南边八条，每年挟带大量泥河流入海口河，造成海口河阻塞不畅。明代在各山箐入海口河处建闸坝，整修拓宽这些山箐子河，还在有些山箐上游建拦河坝、滚水坝，以阻拦泥河。清代还改修一些山箐子河的下游段，先将入海口河的闸坝封闭，改通其他子河，"少一闸口，即少一滩头"[54]，以减少淤滩的形成。

二是开挖子河截沙。明代许伯衡说："余尝观海口之势，自昆阳至安宁百里，两边皆山，每遇大雨则山上之土皆入河中，安得不塞。故昔人之法，每岁挖海口先凿子河，子河者盖于大河之旁别浚一河，以防山土随雨而入于河也。"[55]子河即在大河旁另开的小河，由子河截住山水，使泥沙淤积于子河中，容易清淤。

三是开挖留沙塘子。清代黄士杰《六河图说》提出："昆阳海口，原泻昆海水势，宜以疏通为要，除大修开挖海口河身外，其岁修开挖塘子，留住沙泥，虽不能一劳永逸，而子河少入一分之泥，则大河少受一分之淤塞。"塘子开于子河将入大河之处，这种塘子类似今天的沉沙池，使泥沙沉积于塘，"免致冲塞大河，而工程又较挖河节省"。

四是建十字流沙桥、十字流沙闸及流沙桥过洞。这些属于交叉建筑物。如金汁河上游有杨梅山箐水，为避免山水泥沙壅塞金汁河，则建十字流沙桥，送水入盘龙江。银汁河设有十字流沙闸，泻五老山箐水入盘龙江，以免沙泥壅塞银汁河。马料河上游分出漾水沟灌溉农田，为避免山涧水泥沙壅塞沟身，建有流沙桥过洞二座，送山水入马料河。[36]

五是修建滤水坝。嘉靖间为浚治海口工程，同时治理山箐水，在一些山箐子河上修筑滤水坝，"坝各存水窗，俾硖砾漂沙不冲塞焉"[43]。大约在坝身设有拦污栅之类的建筑物，既能拦沙，又能透水，这种建筑当时称为"水窗"。

六是修建挡沙旱坝。明弘治十四年（公元 1501 年）疏浚海口河道时采用此法，"又于河之两岸环筑旱坝十有五座，以栏榭两岸山水冲流壅塞河道之患，各设坝长一，坝夫十守之"[37]。这是在靠近海口河两岸修筑的土坝，雨时拦山水，平时无水，故称"旱坝"。

七是修建逼沙坝。逼沙坝筑于支河口，不使支河泥沙进入大河。如黄士杰

《六河图说·金汁河图说》称："三元闸有杨妈妈河，沙泥冲塞河身，应于河口建逼沙坝，免入河内。"《银汁河图说》称："老张箐沙泥流下冲塞河身，应于沟口建逼沙坝一座，免致冲塞。"

5. 完善用水、修浚管理制度。在用水、工程维护管理方面，元代时"六河"灌渠已订有一些规定。明清时期把修浚制度和用水管理制度逐渐完善起来。

修浚制度方面突出的成就是建立了岁修、大修制度。

岁修制度初建于明代。由于海口河淤积严重，仅靠数年至数十年一次的大修是不能持续发挥效益的。弘治十四年（公元1510年），云南巡抚陈金主持疏浚海口河的同时，开始"定有大修、岁修之例"。岁修每年一次，"每岁三月，须挖海口"[48]。工程由环湖的五县轮流承担，"初时五州县之民每年一用，既而分昆明、晋宁为一年，昆阳、呈贡、归化（康熙七年（公元1668年）并入呈贡县）为一年，皆昆阳主之"[55]。工程由距海口河最近的昆阳州统一安排和指挥。昆阳海口的五闸、八滩的修浚也分担到各县：回子闸、黑泥滩每年由昆阳州修浚；铺湾闸、黄泥滩每年由呈贡县修浚；清水闸、黑泥滩每年由晋宁州修浚；新村闸、鸡心滩、牛舌滩、大滩每年由昆明县修浚；小新村闸、青龙滩、石龙滩每年由归化县修浚。[56]松华坝及"六河"坝闸也订有岁修制度。明代江和《新建松华坝石闸记》[46]说："松华坝岁修费阛司桩钱不赀……与其岁糜多钱而民无利也，孰与合数岁之费而甃以石，通以闸。"康熙《云南府志》卷四谓："省城近郊田亩悉资溉于六河，诸闸旧同松华坝，均有岁修之利。"

清代岁修、大修制度更加完善，每年工程修浚仍由各县按规定承担，同时将各项工程岁修银两加以固定和落实。雍正年间，总督鄂尔泰在《修浚滇省海口六河疏》[57]中说："昆明之六河、昆阳海口及临安之三河，所关尤钜，岁修银两不可不酌定，惟盐道衙门岁有合秤银两，请拨作岁修之用。"清前期松华坝岁修额银为800两，昆明六河岁修银亦为800两，昆明海口岁修银为200两。大修时也由沿湖州县分段分项承担，职责明确。

用水管理制度方面显著的特点是把各干河灌区划分为若干排，按排实行轮灌，用水时间定有严格规定。如金汁河灌区由上至下分为五排，每年农历腊月封闭松华坝闸，抬高盘龙江水位，以供金汁河引水灌溉。正月至三月，田亩还不需灌溉，则将河水引入五排之三塘九围等堰塘蓄积起来，到灌溉季节，自下而上实行轮灌，从第五排轮起，规定用水5日，四排用水4日，三排用水3日，二排用水2日，一排用水1日，15日轮遍一周，周而复始。灌溉季节过后，开松华坝闸，放水入盘龙江。六河中除盘龙江"自分水岭以下正河支河各派均属田高河低，俱用水车车入田中"，宝象河"流至板桥驿城西北一带河低田高，用车戽灌溉，例不轮排"外，银汁河、海源河、马料河也都是采用轮排轮灌的方法。[36]

6. 出现了总结滇池水利治理经验的专著。突出的有《六河图说》和《晋宁州水利论》，它们集中反映了滇池水利工程技术方面取得的成就。

《六河图说》是雍正年间云南粮储水利道副使黄士杰在参与治理滇池水利的过程中，总结前人治理滇池水利的经验，结合亲身实地勘察，提出的治理理论和系统方案，反映了他的水利技术思想。



文中首先论述了去水害兴水利的治理方策。他指出了“六河”源短流少，冬春枯涸，夏秋暴涨的基本特点：“六河”“虽各有源，但其源甚小，其流无多……每遇春时雨水缺乏，竟成干河，雨水沾足，方能有水稍润田亩。若夏秋间雨水盛行，山水涨发，流入河内不能容纳，或致冲决漫溢淹坏民居”。他不同意有人认为问题是“河底太浅，河身太窄，非挖深开宽难以畅流”的说法。他提出“若将河挖深则水低田高、若将河身开宽，则水散流浅，以防水害则得，以收水利，水利则失矣”。而且从多年情况来看，水患为害时间短，灌溉兴利历时长。主张因河制宜，分别利用，提出将河低田高、不便引灌和环护城市的盘龙江辟为排水河道，“专防水害”。其余诸河如金汁、银汁、马料、海源、宝象等河，分支很多，“俱资灌溉”。并且统筹兼顾除害兴利，“夫水利既不可失，而水害又不可不防除”。采用加高培厚河堤，疏通河尾的办法，并强调多开支河，“所开子河大者建闸坝，小者修涵洞，可闭可启，可蓄可泻，可收水利，可防水害，方为长策”。对于滇池的出水口——海口，提出“宜以疏通为要”，要在大修时开挖海口河身，岁修时疏浚与防治泥沙相结合，“岁修开挖塘子留住泥沙”。通过切实措施达到灌溉兴利、排水去害、防沙淤河的目的。

第二，根据各河情况和灌排任务的不同，分别提出治理的技术措施。盘龙江“规模已定无可更易，惟扬家头水势不顺，沙泥壅塞，水流行缓”。通过改顺河头，并修分水鸡嘴一座，达到均分金、太、杨三河水，以水攻沙，使沙泥不致壅塞，灌溉也便利的目的。金汁河东岸田高水低，可车戽灌溉，而西岸水高田低，可沿河开沟渠涵洞，扩大灌溉面积，并在有些山水入河处建十字流沙桥、逼沙坝等将水送入盘龙江。银汁河水高田低，可开沟自流灌溉。然而也有山水冲塞河身的问题，提出在白龙潭水下流建送水鸡舌石岸，老张箐沟口建逼河闸等建筑，避免冲塞河身。宝象河上游田低河高，可开沟灌溉，下游河低田高，用车戽灌溉，存在的问题是雨水泛涨河身不能容纳，为此提出开支河泻水势的方法，并将杨柳沟涵洞改建为上下二洞，下洞流清水，上洞作漫水闸流浑水。马料河田多水少不敷灌溉，可将山沟水注入堰塘蓄积以灌溉，故要多修堰塘。还提出在河尾建闸，将低水逼高灌溉。海源河水高田低，能开沟自流灌溉，但此河受到沙河水势的冲决，于是提出将沙河尾东流入江沧河，以泻沙河涨水。《六河图说》把各河何地应建涵闸，宜开支河，增修石岸，建留沙桥等规划得有条有理。

《六河图说》中体现的水利指导思想和提出的治理方案受到人们的高度评价。后人称赞此书说：“其于六河、海口诸水，穷源溯委，考核精详，而疏浚修筑，启闭闸坝，一切规条，法良意美。”[51]雍正以后，治理“六河”及海口河时，都基本参照此书所阐述的方法进行，可见其影响之大。

《晋宁州水利论》[58]为乾隆年间徐龥所著，是关于晋宁地区水利区划的专论。书中阐述了对“蓄”和“泄”的辩证认识，即排泄可以防洪涝，蓄积可以利灌溉，关键是如何做到蓄泄合理。他认为：“水之为利大矣哉！有泄之以为利者，有积之以为利者，当泄不泄，则淹没之患未去，而膏腴之利何由收！当积不积，则停潴之泽无多，而灌溉之功亦未广，是贵因天时，相地势，尽人力，而豫为之所也。”在这一技术思想指导下，他对晋宁州的水利开发提出规划性的意见。他说：“晋宁有



泄之以为利者，州西北境夏末秋初之水是也；有积之以为利者，州东南境秋杪三冬之水是也。”然后按照因时、因地的原则规划晋宁各地的具体工程设施。他所阐述的蓄泄关系及依据水情的时空变化来规划灌排工程，这一技术指导思想无疑具有普遍性的意义。

二、滇东湖泊水利的开发及治理技术

滇东湖泊多分布在南盘江的上中游地区，明清时期因屯垦事业的需要，对阳宗海、抚仙湖、星云湖、异龙湖、杞麓湖等湖泊水利进行大量的开发利用。这些湖泊普遍存在泄洪能力不足的问题，当时采用了多项治理工程，如浚凿尾闾，整治河道以排泄洪涝水，并修筑堤坝，开挖渠沟以灌溉农田，形成这一区域湖泊治理工程的特色技术。[59]此外，滇东的杨林海、滇西的洱海等明清时期也都有类似的治理工程。

（一）阳宗海

又称明湖，位于云南府宜良县西35里，湖周70里。明代建有汤池渠和文公渠两项水利工程，引湖水灌溉宜良坝子8万多亩农田。见图4－3－2－3。

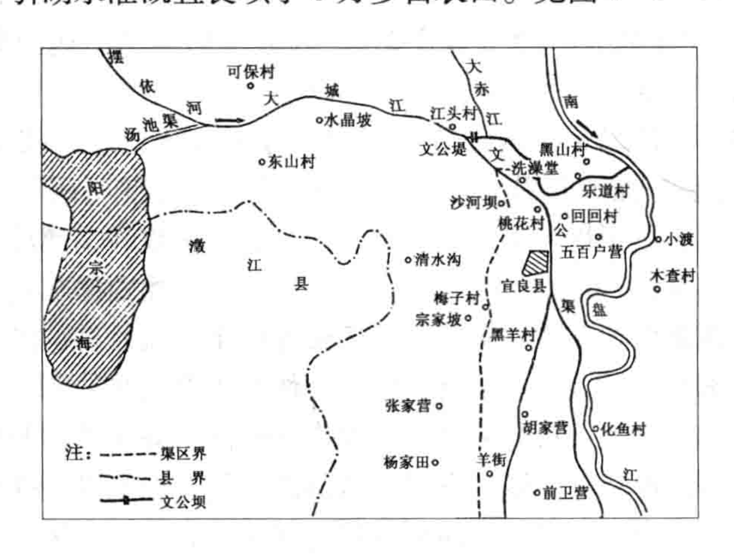


图4－3－2－3　阳宗海、汤池渠及文公渠灌区示意图

（采自《珠江水利简史》）

汤池渠，创建于明洪武时期。原来县西北有引湖水的旧汤池沟，断面尺寸甚小，“广不盈尺”，灌溉面积很少。洪武二十九年（公元1396年）西平侯沐春为了满足屯田灌溉的需要，发卒15 000人，由同知王俊率领，从阳宗海北端，“因山障堤，凿石刊木”，开凿六里长的汤池渠，下接大城江（即摆依河下段），再入铁池河（南盘江），“其流袤三十六里，阔丈有二，深称之”[60]。灌溉宜良坝子农田数万亩。之后，当滇东发生旱灾时，“人方为忧，独宜良水利不竭”。取得的效益明显。

文公渠是汤池渠的扩建配套工程，嘉靖年间由临元道文衡督修。先在县北江头村大城江上，修筑一座拦河低坝，又于坝上游开渠至宜良县城下，长70余里，沿途筑水硐（涵洞）72所，“溉军民田二百余顷”[61]。后人称此渠为文公渠。清康熙二十六年（公元1687年）宜良知县高士朗又延长渠道至胡家营堰塘，利于东面的老毛沟泄水。后又向东南开牛鼻沟支渠引水溉田。之后年久渠道废堙，道光十二年（公元1832年）知县吴均“由胡家营堰塘内筑堤，开挖二十余里”。渠道又向南延



长，并恢复以往的灌溉设施，大城江以西以南屯田均得灌溉，并建立维修管理制度，“每年由村民出夫疏浚”[39]，工程得到了较好的维护。

汤池渠直接利用阳宗海作水源，又连接天然河道大城江（摆依河）作输水渠道。而文公渠在江头村下方的大城江上筑拦水坝。因摆依河为山溪水，来水量有限，且丰枯悬殊，所以文公渠的水源主要也是靠阳宗海，此渠成为天然湖泊与山区河流相互调节的综合引水工程，加上灌区内又修建塘堰调蓄水，从而充分利用了水资源，这些设计技术是相当合理的。

（二）抚仙湖和星云湖

此两湖相距甚近，有隔河相通。抚仙湖在澂江府城（治今澄江县）南十里，“湖周三百余里”[62]。水面积为217平方公里，其平均水深80米，蓄水量达173.5亿立方米，是云南蓄水量最多的湖泊。湖三面环山，北面是平坦的澂江坝子，有良田6万多亩。抚仙湖有隔河与星云湖相通，星云湖周长80余里，其西面和北面是拥有农田约10万亩的江川坝子。明代除利用两湖水灌溉外，重点是治理两湖出口河道海口河。见图4-3-2-4。

抚仙湖东面的海口河（又名清水河）是两湖惟一的明河出口河道，东流30余里注入铁池河（南盘江）。海口河南、北两岸分别有牛舌箐和梅子箐山沟流入，暴雨时期，两箐水挟带大量沙石泥流入海口河，造成出口河道的严重堙塞，使环湖的宁州（治今华宁县）、河阳（治今澄江县）、江川（明代治今江城南，崇祯七年移治今江城）三州县大量农田被淹，所以治水兴利的关键是治理海口河。

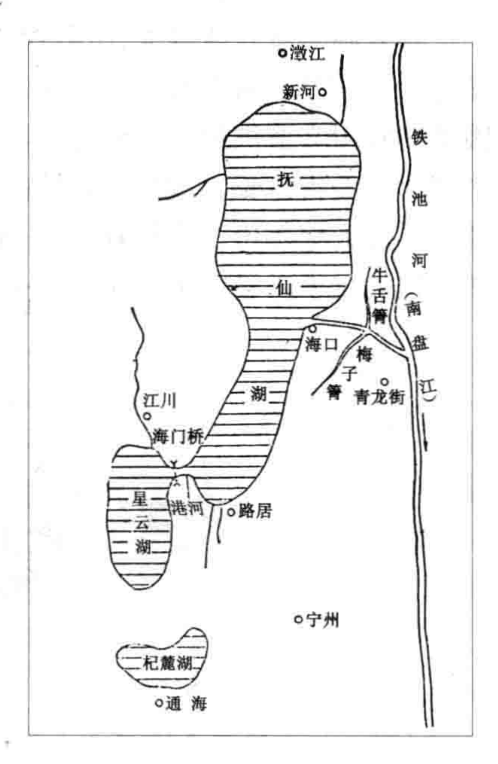


图4-3-2-4　抚仙湖、星云湖略图

（据《新纂云南通志·交通志》绘制）

明代对海口河先是进行一些疏浚工程，并将河身狭窄的地方开凿拓宽，后来不断改进技术，继续进行治理。崇祯年间受山洪灾害，海口河壅塞，湖水泛滥，近湖之田“悉皆淹没”。云南巡抚姜思睿召集民夫，开浚河道，又在南岸建牛舌石坝，北岸建海子箐石坝，“逼遏两溪之水循轨顺行，不使沙石激壅海口，年设浚夫三百三十四名”[63]。通过在山箐水上筑坝，减弱山洪对海口河的冲击，并阻遏沙石的壅淤。还设有岁修浚治制度，以保持海口河的畅通。清代，石坝倾颓，雍正年间云贵总督鄂尔泰大兴云南水利时，委澂江知府王铎负责修理，“计石工一百七十六丈，首尾宽深，堤坝坚固，又增筑逼水坝六墩，以固石坝，以涤岸砂”[64]。重新修筑石坝，比前更加坚固，又在坝的下游及海口河修筑导流坝墩，一方面支撑石坝抵御山洪的冲击，另一方面通过导流装置冲刷淤积岸滩，使海口河保持畅通。创建导流坝墩，这在技术上有了新的突破。此次工程效果显著，雍正九年（公元1731年）六月竣工后，“河阳田新涸出三千余亩，旧田遍种，现获丰收”[64]。乾隆四十六年（公元



1781 年），山洪暴发，牛舌坝被冲倒 20 余丈，浑水汇流入清水河，泥沙填塞河道，以致湖水逆流为害。第二年云南巡抚刘秉恬主持整治，做了三方面的工作：一是在牛舌坝东面的象鼻山脚下，“凿通四十余丈”，另开一条子河以泄浑水，分出部分沟水从子河汇入清水河，使牛舌坝无顶冲之患；二是重建牛舌石坝；三是把海口河改直，使清水畅泄入南盘江。这次整治工程在技术上又有改进，把筑坝拦洪与引导、疏浚措施相结合；所开子河与牛舌箐水斜交，粗砂石不易进入子河，又减少了通过牛舌坝的洪水量，坝的安全性有所提高。

（三）异龙湖

又名石屏湖，位于临安府石屏州治东二里。《明一统志》称：“湖有九曲，周一百五十里……其水流为泸江。”湖源出自石屏州西 30 里宝秀山南麓，合诸山水东流汇为周长为 30 里的宝秀湖，再东流为九天观大塘，又东分为三流绕石屏州城，至城东汇流为异龙湖。湖东端有出口河道——海口河，此河下流汇旷野河，再入建水界称为泸江，有塌冲、象冲二水及六河、九溢皆会于此江，又从岩硐伏流十余里出阿迷州（治今开远市），称临安河，于阿迷州下 40 里汇入南盘江。

异龙湖灌溉效益颇大，“计湖上下两旁灌田三百余项”[65]。其下流“泸水溉田凡七十里”[66]。明万历至清乾隆时期在石屏州修筑不少塘堰、闸坝灌溉工程。同时因沿湖农田常遭洪患，也进行了治理。洪灾主要是湖的出口尾闾狭窄，河道在山谷中穿行，曲折流长，两岸山体坡陡，暴雨时期砂石俱下，壅遏水流，造成湖、河泛溢，再加天旱年份，人们在下游河道上临时筑坝，障水灌田，洪水时坝毁堵塞河道，更加重了洪患灾害。见图 4－3－2－5。

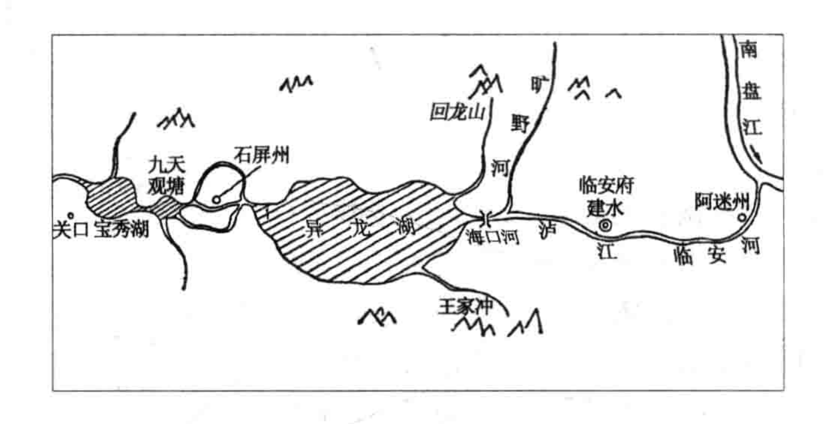


图 4－3－2－5　石屏州异龙湖位置略图

（采自《珠江水利简史》）

治理工程重点在两处：一是海口的治理，二是泸江的治理。首先在湖尾闾出口筑坝设闸进行控制，又疏浚海口河。如明嘉靖年间石屏知州“治海口，建六闸”，防洪与灌溉兼顾，效果较好。以后建立了经常的维修管理制度，“每年冬春必官为督率大修一次，按田拨夫，旧有成例”[65]。海口河堵塞的状况大为改善。为防止泸江的泛滥，明代隆庆年间修筑了泸江至三河口堤岸。万历四年和二十七年又增筑堤防，并疏浚河道泥沙。清代康、雍、乾多次修堤疏河。以雍正八年修筑工程规模最大。泸江岩硐口硐底有石埂十三重，严重阻水，于是将石埂全部凿掉，修复自泸江至岩硐堤岸八百一十丈，自塌、冲二河至三河口堤岸四千三百七十五丈，并把几十



里的河道开挖加宽加深。[64]可见异龙湖治理工程的特点是防洪和灌溉兼顾，上下游一体进行整治。

（四）杞麓湖

又名通海湖，位于通海县城北三里，湖周长150里，地跨通海、宁州（今华宁县）、河西（治今通海县西北）三州县，湖周围有农田约9万亩，半数需赖湖水灌溉。湖源为河西县西北30里的长河，东流纳一些小溪河汇为湖，湖西有普应溪、湖南有黄龙山水，秀山左、右沟水和东华山白马沟水等水源注入湖。该湖无明河出口，仅靠东北面湖底的落水洞暗河通入南盘江。经现代勘查，暗河呈马蹄形，在澶寺出露入南盘江，全长23公里。见图4－3－2－6。

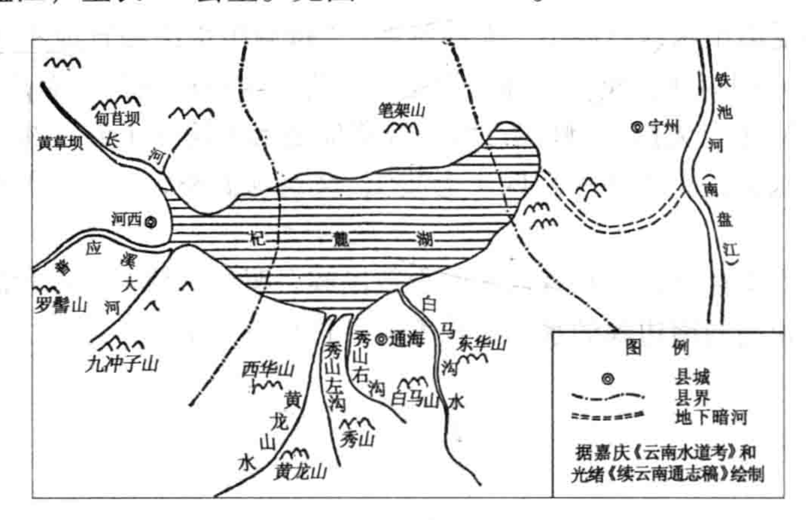


图4－3－2－6 杞麓湖示意图

（采自《珠江水利简史》）

杞麓湖的水利问题，一是入湖多为山溪河，暴雨时水土流失严重，拥塞河道泛滥成灾。二是湖水宣泄只靠惟一的暗洞，汛期排泄不及往往暴涨成灾。明代成化、弘治年间，对入湖溪河进行整治。河西县在城北二里长河旁修筑西湖池和河堤，在城南20里靠近大河处筑东湖池堤。通海县在城东三里筑东湖池堤，池“长四里，宽二十余丈”，以蓄积东华山之水，又在城西秀山沟筑西湖池，“延四百步，袤三百步，蓄水济塘下一带田”[67]。采取的技术方法，是选择山溪水旁洼下之地，通过筑堤成池，蓄积一部分山水，既起滞洪作用，平时又可利用来灌溉。

清代继续治理山溪河。康熙五十年（公元1711年），河西县疏凿发源于琉璃山的普应溪，自普应山下一直筑堤至杞麓湖，使溪水顺畅入湖。雍正七年（公元1729年），通海县修浚城东的白马泉沟，“自大桥至湖六百六十五丈，疏导宽深，较旧制泄水更捷”[48]。遇旱时则架水车挽湖水而上，通过三层倒水，灌溉大桥上游农田。

对于湖水宣泄问题，采取的方法是多次疏挖排水暗河出口，基本上保持泄水的畅通。清末时又“置有锁水栅，以便控制，而取利于农时”[68]。在暗河出口筑堤建水闸，可以人为控制蓄泄，使湖水保持所需的水位高程。

（五）杨林海和洱海

滇东嵩明州的杨林海（又名嘉丽泽）也有浚治工程。此湖纳龙巨、南冲二河

之水，并受四面山河之水，但出水仅一河口，通车翁江达金沙江。但排水河弯曲迂缓，停留沙石，壅塞严重，每将湖边48村的田亩半数淹没。雍正六年（公元1728年），“改疏河道，由丁家屯龙喜村开挖二里许，直通河口，使新旧两河并泻水势”。工竣后，“涸出田地一万余亩”[64]，湖周围农田获得丰收。可见杨林湖的治理也是着重于出水河的开挖。

滇西大理府的洱海，水面积达246平方公里，是云南高原仅次于滇池的第二大湖泊。其泄水河也有淤积壅塞问题。明代正德年间有修浚工程，并开龙关桥子河二道，分泄大河之流，定有三年、五年大修制度。清代顺治八年（公元1651年）、康熙二十五年（公元1686年）又进行修浚。因所开子河只有200余丈，容易淤塞；又泄水河受诸山水沙石冲击，尤易壅塞，“每遇雨水泛溢宣泄不及，滨海之太和、宾赵（州）田亩多被淹没，而邓川距其上流，水壅逆灌其患尤倍”。雍正四年（公元1726年）进行大修，“修浚自海尾波罗甸至天生桥一千五百八十八丈，龙关子河二百八十八丈，小子河一百四十七丈”，又筑坝修桥，“沙无停积”[48]，效果较好。

云南地处西南边陲，分布着众多的少数民族。明清时期湖泊水利的开发及治理技术的进步，说明西南边疆的水利及技术有了长足的进步。

参考文献

〔1〕康熙《江山县志》卷一《塘堰》。

〔2〕康熙《西江志》卷一五《水利》。

〔3〕《明太祖实录》卷二四三。

〔4〕据雍正《浙江通志》卷五二～六一，及有关府县志统计，有的水利工程为洪武二十九、三十年所建，因是监生人材主持修筑，亦一并计入。

〔5〕同治《万安县志·水利》。

〔6〕嘉靖《德庆州志·提封志》。

〔7〕万历《云南通志·兵食志》。

〔8〕《古今图书集成》食货典田制部卷五八《议江西屯田水利》。

〔9〕张芳：《明清东南山区的灌溉水利》，载《中国农史》1996年第1期。

〔10〕张芳：《明清南方山区的水利发展与农业生产》，载《中国农史》1997年第1期、第3期。

〔11〕民国《衢县志》卷六《农田》，此实指清代情况。

〔12〕同治《南康县志》卷一《水利》。

〔13〕《嘉庆重修一统志》卷四三九龙岩直隶州。

〔14〕嘉靖《浦江县志》卷一《塘堰》。

〔15〕清·胡天佑：《修理陂塘以免旱灾》，载道光《余干县志》卷二〇。

〔16〕康熙《南康县志》卷三《水利》。

〔17〕光绪《常山县志》卷三九《清查水利详文》。

〔18〕民国《汤溪县志》卷五《水利》引旧志。

〔19〕乾隆《黔南识略》卷一七。

〔20〕民国《龙游县志》卷六《水利》。



〔21〕同治《铅山县志》卷四《水利》。
〔22〕明・周志伟:《修复密陂记》,载光绪《江西通志》卷六四。
〔23〕同治《南丰县志》卷一〇《水利》。
〔24〕明・王世贞:《溆溆堰斗门碑》,载乾隆《房县志・艺文》。
〔25〕同治《溆浦县志》卷一四。
〔26〕嘉庆《四川通志》卷二三《堤堰》。
〔27〕《清高宗实录》卷四五五。
〔28〕乾隆《陆凉州志・水利》。
〔29〕宋・邵文炳:《溪塘水利序》,载咸淳《临安志》卷三八。
〔30〕同治《玉山县志》卷一《水利》。
〔31〕乾隆《浮梁县志》卷五《水利》。
〔32〕民国《汤溪县志》卷五《水利》。
〔33〕乾隆《武宁县志》卷二五载《黄陂堰记》。
〔34〕民国《汤溪县志》卷五《水利》引旧志。
〔35〕乾隆《杭州府志》卷四二《临安县水利》。
〔36〕清・黄士杰:《六河图说》。
〔37〕明・陈金:《海口记》,载光绪《云南通志稿》卷一三《云南府下・地理志》。
〔38〕《明史》卷一二六《沐英传》。
〔39〕民国《新纂云南通志》卷一三九《农业考二》。
〔40〕《明史》卷八八《河渠志六》。
〔41〕《滇系》五之一山川。
〔42〕《明实录・武宗实录》卷五六。
〔43〕明・杨慎:《海口修浚碑》,载光绪《云南通志稿》卷五二《水利一・云南府》。
〔44〕明・罗正元:《横山水洞记》,载光绪《云南通志稿》卷五二《水利一・云南府》。
〔45〕明・方良曙:《重浚海口记》,载光绪《云南通志稿》卷五二《水利一・云南府》。
〔46〕明・江和:《新建松华坝石闸记》,载光绪《云南通志稿》卷五二《水利一・云南府》。
〔47〕清・王继文:《请修河坝疏》,载光绪《云南通志稿》卷五二《水利一・云南府》。
〔48〕乾隆《云南通志》卷一三《水利》。
〔49〕道光《晋宁州志・水利》。
〔50〕明・陈文:《新建南坝闸记》,正德《云南志》卷三〇《文章》。
〔51〕《六河图说》沈兰生跋。
〔52〕明・徐中行:《横山水洞记》,载光绪《云南通志稿》卷五二《水利一・云南府》。
〔53〕载光绪《云南通志稿》卷五二《云南府・水利》。
〔54〕清・黄士杰:《六河图说・昆阳海口图说》。
〔55〕明・许伯衡:《海口记》,载光绪《云南通志稿》卷五二《水利一・云南府》。
〔56〕康熙《云南府志・水利》。
〔57〕《清经世文编》卷一一八《工政二十四》。
〔58〕乾隆《晋宁州志》卷二七《艺文》。
〔59〕以下参见《珠江水利简史》,水利电力出版社,1990年,第162~172页。
〔60〕明・平显:《汤池渠记》,载正德《云南志》卷二九,下同。
〔61〕康熙《宜良县志》卷一《山川》。
〔62〕《嘉庆重修一统志》卷四八一《澂江府・山川》。



〔63〕道光《云南通志稿》卷五二《水利一》。

〔64〕鄂尔泰：《兴修水利疏》，载乾隆《云南通志》卷二九《艺文五》。

〔65〕乾隆《石屏州志》卷一《舆地志》。

〔66〕民国《建水县志》卷一《山川》。

〔67〕《古今图书集成》职方典卷一四七二《临安府·山川考》，中华书局、巴蜀书社，1985 年。

〔68〕民国《新纂云南通志》卷二八《地理志·湖泽》。



第四章
井灌和引水灌渠

明清时期北方地区在水资源利用方面的一个显著变化是大量掘泉凿井，开发利用地下水灌溉农田，使华北平原逐步形成了具有一定规模的井灌区，由是促进凿井技术和井灌机具的发展，并开始引进西方的汲水机具。

明清时期重视南方的水利建设，北方的灌溉事业却遭到忽视和衰落的厄运，这时北方水资源日益紧缺，修建灌渠日渐趋于小型化，同时许多传统的大型引水灌渠工程大部分处于维护状态，重要的建树不多，但在不断的维修工程中技术仍有进步。这一时期尤其是清代为巩固边防的需要，大力经营西北地区，努力屯田垦殖，又着手台湾的开发活动，逐步开垦荒地，这些地区的灌溉水利事业得到前所未有的发展，分别形成了颇具地区特色的灌溉工程技术。

第一节　华北井灌区的形成和凿井技术

凿井灌田是开发利用地下水资源的主要灌溉方式，在地表水资源缺乏的北方地区尤为重要。我国井灌历史悠久，但明代以前井灌“多在园圃”，大田中分布比较零星，规模不大。明、清时期井灌大为发展，相继在晋、秦、冀、豫、鲁五省形成较大规模的井灌区，在当地灌溉水利中据有重要地位。伴随着井灌水利的发展，凿井技术和井灌机具也有了进步，这些技术易被广大的农户所掌握。

一、华北井灌区的形成

华北平原地下水蕴藏丰富，埋深较浅，具有发展井灌的优越自然条件。但该地区春旱严重，旱灾频率甚高。明中后期，华北人口增加较快，相应的开垦了不少耕地，需要增加灌溉设施。清代开垦土地基本已达饱和，故耕地增加不多，人口却急剧增长，人地矛盾突出，故讲究集约耕作技术，发展棉花等经济作物，以增加农业收入，对灌溉也提出了新的要求。兴修引水渠道工费浩大，涉及地域广袤，不易举行，且北方地表水资源又不丰富，凿井则费省工简，农家易于举办，地下水源也较稳定，在官府的鼓励下，大致在明后期、清代乾隆及光绪年间，先后出现三次凿井灌田的高潮[1]，促进了华北五省井灌区的形成，现分省述说如下：

（一）山西井灌

山西地下水蕴藏丰富，井灌开发很早，明后期井灌已比较发达。据嘉庆《介休县志》卷二记载，明万历二十七年（公元1599年），介休知县史记事重视发展灌溉事业，“于无渠处，教民穿井”，规定贫民无力凿井者，每凿一井，贷谷五斗。当时全县共凿灌溉水井1 300余口。之后井灌继续发展。明末徐光启《农政全书》卷一九称：“所见高原之处，用井灌畦，或加辘轳，或藉桔槔……闻三晋最勤。”三晋指今山西省、河南省中部和北部、河北省中部和南部地区。到清代初期，山西井灌在华北日益突出。雍正末王心敬说：山西“井利甲于诸省”[2]。山西成为华北



井灌最发达的地区了。尤其是晋西南灌井最多，“平阳一带，洪洞、安邑等数十邑，土脉无处无砂，而无处不井多于豫、秦者”[3]。籍居蒲州的崔纪乾隆初在陕西推行井灌，就是见到蒲州永济、临晋、虞乡、猗氏等县，解州府安邑等邑，农家多井，“小井用辘轳，大井用水车”[4]，抗旱效果显著，故“以见于晋者行于秦”。到道光时，任过山西巡抚的吴其濬在《植物名实图考》卷一中说：“蒲、解间往往穿井作轮车，驾牛马以汲。”可见晋西南的井灌机具也较进步。

山西的井灌区主要分布在晋西南一带，且多水车大井，灌溉效率较高。

（二）陕西井灌

陕西省明代开凿有部分灌井，以补渠水之不足。如嘉靖八年（公元 1529 年）富平知县杨时泰除率民疏浚引水灌渠外，还改变“邑田故不井”的状况，教民用桔槔提取井水灌溉[5]。又天启《渭南县志·纪事志》载：渭南县城东关的北崖下泉水丰富，当地居民除引泉灌溉外，又凿井灌溉，“井（深）只一丈，可用桔槔取水溉田”。陕西大规模凿井兴起在清代，以富平、蒲州发展最早，康熙时“二邑井利颇盛”[2]。康熙五十九、六十年（公元 1720－1721 年），陕西连年大旱，饿殍遍野，但富平、蒲城“二邑流离死亡者独少”。鄠县王心敬看到当时“救荒无术，而汲井灌田少获升斗之粟”，于是在雍正十年（公元 1732 年）著《井利说》，提倡在北方五省发展井灌事业，特别论述了陕西省适宜开井的自然区域，分析了灌井的经济效益，提出凿井的规划。经他的积极倡导，乾隆二年（公元 1737 年），陕西巡抚崔纪采纳其建议，在陕西大力推广凿井，当时向贫民提供低息贷款，资助农户凿井。当年十一月，据西安、同州、凤翔、汉中四府、乾州、邠州（治今彬县）、商州、兴安（治今安康县）四州 33 州县奏报统计：陕西共新开井 68 980 余口，其中水车大井 1 400 余口，豁泉大井 140 余口，桔槔井6 300余口，辘轳井 61 140 余口，约可灌田 20 万亩[4]，加上原有旧井 76 000 余口，灌溉面积甚多。但由于崔纪操之过急，“料理未善”[6]，不久调离。据乾隆十三年（公元 1748 年）后任陈宏谋核实，共开成井 32 900 余眼，开而未成填塞者数亦约略相同。陈宏谋也是积极推行井灌者，他对之前所开井的情况和效益作了调查，肯定了崔纪开井的成绩，“陕省开井无益，殊非持平之论”，“悉心体访井利可兴，凡一望青葱烟户繁盛者皆属有井之地，崔院任内所开之井年来以受其利”[7]。在总结以往凿井经验的基础上，陈宏谋再次鼓励开凿灌井，陕西又凿井 28 000 余口，同时造水井水车，教民用以灌溉。综上统计，乾隆时陕西已有灌溉水井 136 900 余口，可见这时关中地区井灌已有相当的规模。

光绪年间陕西又一次掀起凿井高潮。光绪初陕西遭受特大旱灾，为了赈灾救荒，陕西巡抚谭钟麟曾下令各州县，“劝谕民间多凿井泉以资灌溉”。陕甘总督左宗棠也督饬地方打井救旱，他在给谭钟麟的信中提出开数万口井的计划，并规定了鼓励开井的一些政策[8]。当时大荔县新开井 3 000 有奇，朝邑、兴平、醴泉（今礼县）等县凿井“数百面之多”，泾阳县增开井 500 余口[9]。

陕西井灌区主要分布于关中平原。

（三）河北井灌

河北省是明清京畿之地，政府重视该地区的农业生产，除了多次组织经营水利营田、除涝兴利外，还努力开发地下水，倡导民间凿井抗旱，发展井灌事业。



明代一些官员着力推广凿井，尤其是真定府所属州县凿井最盛。如天顺年间赵州知州何俊，“教民多凿井泉，以资灌溉”。嘉靖年间晋州知事王惟善，因大旱，“给资穿井，民得耕种”[10]。其他如真定县（今正定县）、庆云县（今盐山东南）、元氏县、内丘县、栾城县、庆都县（今望都县）等在嘉靖、万历时都推行凿井灌田。故徐光启《农政全书》卷一六称：“真定诸府大作井以灌田，旱年甚获其利。”真定府（清改为正定府）位于太行山山前洪积冲积平原，地下潜水丰富，埋藏较浅，易于凿井开采。可以说，明代后期在今石家庄市周围已初步形成了井灌区。

清代灌井渐向畿东平原发展。康熙三十五年（公元1696年）肃宁知县黄世发令民在碱荒地上穿井耕种，康熙四十一年安肃县（今徐水县）48村凿井2 530余眼。乾隆时凿井更多,“直省各邑，修井溉田者不可胜纪”[11]。乾隆九年（公元1744年），霸州“开井两千余口”[12]。乾隆十一年，朝廷拨银一万两给庆云县，八千两给盐山县，共可砌砖井2 250眼[13]。正定府灌井继续发展。乾隆《正定府志·水利》载：乾隆初栾城县开井3 620眼，无极县挖新井800眼，藁城县6 300眼，晋州4 600眼。乾隆九年保定府属开成土井22 000余口[14]。灌井增加相当多。以后道光、同治年间，顺德、广平、大名等府也发展井灌，井灌向着畿南地区发展。

这一时期河北井灌的发展与植棉区的扩大关系密切。乾隆中期直隶总督方观承说：直隶“种棉之地约居十之二三，岁恒充羡，轮溉四方”[15]。“轮”指水井水车，由于春旱，“种棉必先凿井”，其时凿井溉田已遍及“四方”。发展至道光年间，在植棉区的保定、定县、正定、行唐、永年、栾城、赵州、邢台、高邑、平乡等20多个州县内，井灌最为发达，这些州县呈带状分布在太行山东麓，形成植棉和井灌相结合的地域。

清后期河北井灌继续发展。光绪初年华北大旱，直隶总督李鸿章等多次劝谕农户打井抗旱。河间府灾情严重，侍郎夏同善上奏请筹款四万两给河间府，以开凿下砖上土井12 000眼[16]，此事被批准办理，“添井不少”。如任县在光绪三十一年（公元1905年）查明共有大井1 429口，小砖井2 143口，大井用水车汲水，每井可溉地40亩[17]。

河北井灌区主要分布于太行山东麓一带。

（四）河南井灌

河南井灌历史悠久，但主要供园圃种植菜蔬，大田井灌不多。明后期河南旱灾频仍，为维持农业生产，大量推广凿井灌田。徐光启《农政全书》卷五称：“近年中州抚院，督民凿井灌田。”同书卷一六也谓：“近河南及真定诸府，大作井以灌田，旱年甚获其利，宜广推行之也。”《农政全书》编撰于明天启末、崇祯初，所说“近年”，即指这一时期，中州即今河南省，可见河南水井灌溉在明末有大规模开发，而且获利甚大。

清代乾隆、道光时期，河南凿井灌田再次出现高潮。乾隆五十年（公元1785年）河南巡抚何裕成派遣专员在汲县、新乡等地推行凿井。乾隆时偃师县境内已“多有井渠”[18]。道光初豫北太行山以东的安阳、辉县、修武、武陟等县，“间有量地凿井，辘轳灌田之处”[19]。道光二十七年（公元1847年）许州（治今许昌市）大旱，知州汪根敬“劝民掘井三万余”[20]，井灌有很大的发展。后来郭云陞



亲眼看到武陟、偃师、孟津、温、孟、巩、郏等县出现“田中多井，灌溉自由”[21]的情景。同治、光绪以后，沁阳、修武、安阳、洛阳、获嘉、禹州（治今禹县）、浚县、新乡、临颍、荥阳等地都广泛开井灌田，凿井之风日益兴盛。

河南省井灌区主要分布在豫西北部及中部许昌一带。

（五）山东井灌

鲁中山地一带地下水资源丰富。明代为了保证漕运的畅通，把鲁西诸泉全部引入会通河，“涓滴皆为漕利”，民间只得凿井灌田。到崇祯时，由于出现连续多年的大旱，山东按察使蔡懋德“教民凿井，引水灌田”[22]，以抗旱救灾。清代山东井灌发展迅速。乾隆年间久官山东的盛百二著《增订教稼书》[23]，列有《开井》专篇，谓：“水旱二者，旱之害尤甚。……而园蔬烟地不虞旱者，以有井也，则区田、代田必多开井，其势难广种。然家种三四亩，其力易办，虽有旱岁，不至流离。”倡导在大田中凿井抗旱。因用砖衬砌井，工费稍大，贫家不能办，故他在书中还介绍了临清州刺史王君溥教民用荆薄代替砖衬砌井的方法。道光十七年（公元1837年），山东道监察御史胡长庚上疏说：山东地土宜井，要劝谕农民“多穿土井”，俟浇灌获益，“积有余资”后，再砌砖井。光绪初，华北大旱，山东亦掀起凿井抗旱热潮，灌溉水井迅速发展。如博平县（今茌平县西）于光绪元年（公元1875年）凿井1 200余口[24]。宁阳县也出现“田中多井”的情况。后来山东省在1930年就58个县的资料统计，共有灌溉水井233 000口。

山东省井灌区主要分布于鲁西北冲积平原。

如上所述，明清时期北方秦、晋、冀、豫、鲁诸省凿井灌田有了明显发展，凿成六七十万口灌溉井，并形成一定规模的井灌区。六七十万口灌溉水井的凿成，大体能使六七百万亩农田收浸润之利，“收常倍于常田”，而且为华北地区发展水利灌溉开辟了一条重要途径。见图4－4－1－1。

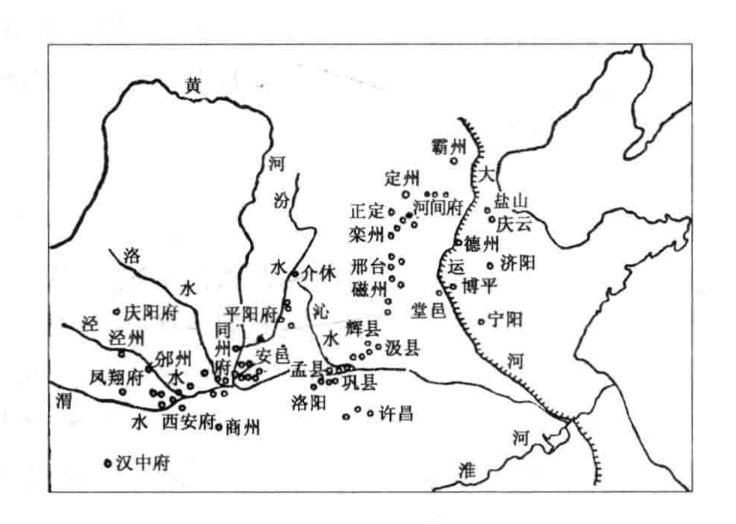


图4－4－1－1　明清主要井灌区分布图

二、凿井技术和井灌机具的进步

明清时期在凿井的规划、凿井的方法及井灌机具等方面皆有不少进步。

（一）凿井规划

明代顾炎武在《天下郡国利病书》卷五〇讲到河南省灌井及其灌排沟渠的布



置要求。他说：于去河远者，“每田百亩，四隅及中各穿一井，每井可灌田二十亩，四围筑以长沟，深阔各丈余。旱则挈井之水以灌田，潦则放田之水以入沟”。在田中这样布置井位，出水量均匀，又不妨碍农田耕作，很是合理，这是小规模农田中灌井的布置规划。而大范围的凿井规划以清雍正十年（公元1732年）王心敬《井利说》[4]所述的华北地区凿井规划最为系统。

首先提出凿井要“视地势高下浅深之宜”。他说：“地势高则为井深，而成井难；地势下则为井浅，而成井易。然又有虽高而不带沙石，成井反易；虽下而多有沙石，成井反难者。”具体来说，“大约北省难井之地惟豫省之西南境，地势高亢者井灌多难，至山东、直隶则可井者且当不止一半”。“吾陕之西安、凤翔二府，则西安渭水以南诸邑十五六皆可井……凤翔八属水利可资处又多于西安”。经过调查了解，他得出：“凡为井之地大约四五丈以前可以得水之地皆可井。”并指出：四五丈的井用辘轳提水则易，而水车井的浅深须在三丈上下，且地中不带沙石也必须用砖包砌。当时用传统方法凿井，提取的是潜水，故井深最多在四五丈左右，并根据井深确定提水工具。华北平原的潜水或微承压水水位一般埋深2~4米，即使是河北东部的河间一带，“挖至二三丈即可得水”[25]。关中平原地下水埋藏状况，“大约渭河以南九州县地势低下，或一二丈或二三丈即可得水；渭河以北二十余州县地势高仰，亦不过四五丈或五六丈即可得水”[26]。所以王心敬提出的依据地势开凿井深的规划是可行的。

乾隆时崔纪在陕西推行凿井，有的州县不论地势高下勉强开凿，因打不到水层，有的井开后只好半途而废。此外，甘肃省在清光绪初也曾布置开井，但甘肃许多地方土质坚硬，泉脉深埋，不易凿井，有的地方人烟稀少，水源足用，无需凿井，故而凿井并没有开展起来。所以依据地势地质水文状况规划凿井是很重要的。明清时期华北五省井灌区的分布也充分说明了这一规划原则的正确性。

第二，提出凿井要“视村堡人丁多寡之数”。《井利说》称：“凡乏河泉之乡而欲兴利必计丁成井，大约男女五口必须一圆井，灌地五亩；十口则须二圆井，灌地十亩；若人丁二十口外得一水车方井，用水车取水，然后可充一岁之养，而无窘急之忧。”其指导思想是大体建成一人一亩的抗旱稳产农田，这样人力财力既能办到，旱年亦足免于饥窘。王心敬举出山西“民稠地狭，为生艰难，其人习于勤俭，故井利甲于诸省”。凿井数要据人口数而定，晋西南人多，所凿井亦多。

第三，提出凿井要“计成井取水难易之详”。以成井取水难易计算所费钱工，需借贷的官谷仓粮，从资金、工匠方面保证凿井顺利进行。

第四，提出凿井要“必先事豫备不至缓时，以失事机”。就是要在春季预先准备好“一切井工器具，”包括汲水之器，及包砌井的砖石等，以备夏旱打井时用。还指出砌砖石后井泉不易枯竭。

《井利说》中凿井的规划不仅考虑到自然条件，还从社会经济条件、财物工具等方面作了统筹安排，所以此说在清代产生了较大的影响。

（二）凿井方法

凿井前先要寻找地下水源。明徐光启《农政全书》卷二〇《泰西水法下》介绍了寻泉的方法，有气试、盘试、缶试、火试四法，以确定泉源所在。清末《救

荒简易书》卷三也介绍了多种方法："草木茂盛处其下必有甘泉"、"蝼蚁穴多处其下必有甘泉"、"水盆望星以知甘泉"、"覆盆露珠以知甘泉"、"羊毛潮湿能知甘泉"、"烟气曲折能知甘泉"等，并说这些经验是古书所记载，民间一直在应用的。清代黄可润《畿辅见闻录》也载有确知有无地下水的方法，"在无极见井匠用铁签接连打探二三丈，其下土润而无沙砾，方可得泉。若过松则沙，过坚则砾，便舍之而他，既为之而不患弃井"。

关于凿井的技术要点，《农政全书》卷二〇《泰西水法下》介绍了五种方法：一要择地。凿井之处，山麓为上，向阳之地次之，旷野又次之，山腰者为下。二要量深浅。井与江河地脉通贯，在靠近江河处，凿井的深度可根据天时旱涝，河水水位，酌量加深若干。三要避震气。凿井时要躲避使人窒息之气，一定要使有害的气体泄尽，再下人凿之。四要察泉脉。指出"若赤填土，其水味恶；若散沙土，水味稍淡；若黑坟土，其水良；若沙中带细石子者，其水最良"。五要澄水。指出作井底，"用木为下，砖次之，石次之，铅为上"，井底上更加细石子厚一二尺，能使水质清而味美。这些技术方法基本是可取的。

水井类型方面，各地根据需要，因地制宜，就地取材，修砌了多种多样的灌溉井。《农政全书》卷一六总结说："井有石井、砖井、木井、柳井、苇井、竹井、土井，则视土脉之虚实纵横，及地产所有也。"对于砖砌深井，考虑在水中砌砖不易坚牢，乾隆《无极县志》卷之末介绍了一种砌砖方法："先用木作架如井式，将砖底砌就于木上，然后用大绳吊下，安排妥稳"。为了增加出水量，明清时大口径的水车井和深井逐渐增多。王心敬《井利说》称水车井的浅深须在三丈上下，又说陕西流曲、美原等乡井深至六丈外。此外，有的地方如甘肃巩昌府（治今陇西县），挖井甚至达数十丈。大旱年份为了增加水井出水量，创造了一种竹筒深井。《救荒简易书》卷三说："旱年新井不旺，可用两根又粗又长竹竿深入井底数丈，然后将此竹竿各节打通打透，留而勿出，则新井水泉旺洋，灌溉不可胜用。"旧井也可照此方法去做。这种竹筒井堪称现代筒管井的雏形。清末，开始从国外引进新式凿井机器。如光绪初左宗棠在甘肃开井，曾购买德国凿井机器在该省试打井。光绪末河南省机械局仿造出凿井机器，供乡间开"自来水井"，以资灌溉农田[27]。所谓"自来水井"，是因井深增加，已凿至承压水层，地下水能自行涌出。但这种新式凿井机器民间使用不多，广大地区仍凿旧式水井，引用浅层潜水灌溉农田。

辨别水质的方法，清代《重庆堂随笔》提出煮试、晒试、尝试、衡试、纸帛试等五法。

（三）井灌机具

水井除自流井外，一般都需借助提水机具汲水。明清时汲水机具主要仍用桔槔、辘轳、水井水车等，"小井用辘轳，大井用水车"。辘轳多用人力挽汲，"每井一眼可灌田四五亩"；水车用牲口挽拽，"每井一眼可灌田二十余亩"[26]。井灌机具技术方面的主要进步为鸳鸯双井辘轳的创造和水井水车的普及，又从国外引进玉衡车、恒升车及风车等机具。

1. 鸳鸯双井辘轳。单井辘轳，井上立架置轴，贯以长毂，其顶端嵌以曲柄，人用手转曲柄，即将绠缠于毂，把汲器提升而上。至元代已有双向辘轳，是用双绠



逆顺交转[28]，用人工操作。清代又对辘轳加以改进，出现了使用畜力的鸳鸯双井辘轳，陕西泾阳一带农民称作“猴井”。其法：“度井深浅，如深四丈，则两井相去四丈。井各置一滑车，绠长八丈，两头各系桶，一桶入此头之井，一桶入彼头之井，绳之中间系牛马拽之中，行至此头则彼头之桶汲水而出，行至彼头则此头之桶汲水而出。两头各立一人，泻水于田。一童子牵牛往来行走，较水车费人而价廉，仓猝可办。”[29]这是一种双井连环提水的辘轳，较水井水车造价低廉，双井提水只用一牛，也减少了畜力的使用，劳力多而资金少的农民可采用。光绪年间任陕西大荔县的周姓知县，撰辑《井利图说》一书，书中介绍了“滑车井”法，也是一种“猴井”。其设施：“两砖墙子高五尺五寸，内有木柱各一根。槐木大梁子一件，长九尺，槐木小梁子一件，长七尺，加耳子四根，各长二尺，厚二三寸。枣木滑子二个，长五六寸，铁轴子二根，均宜粗壮。桶二个，高一尺三寸，宽一尺二寸，井口长五尺，宽二尺六寸，踏板一页，宽一尺，厚二寸余。井绳视井深三倍之，外再加三丈以上。地滑，此井深加远一丈。”这种设施可汲深井之水。见图4－4－1－2。

2. 井车。唐代已经发明，但多用于饮用井取水。明清时期运用于灌溉井增多。《农政全书》卷一六称井车为龙骨木斗，是综合龙骨车、筒车和辘轳原理制成的机具。它的构造是将多个水斗用多个小横轴联结成一串，像一条大链，套在井上边的一个大轮上，在这个大轮轴的一头装上一个大齿轮，和上部的一个大卧齿轮相衔接，用马、驴、骡等拉动套杆，带动大卧齿轮，则大立齿轮随着转动，套着水斗的大轮也随着转动，满装水的水斗就连续上升，把水带上来，倾泻在横放大轮内的一个大簸箕里边，再流到农田里去，空水斗则由另一边下降。山西东南地区明清时期多打水车大井，清乾隆时崔纪在陕西凿水车大井1 400余眼，“水车大井”即指用井车汲水的井。山东济南府长山县（今邹平县东）参照南方水车，加以改进，制成井车，其制：“以轮拨，轮联数十水斗，上下挹注”[30]。这种井车，提水效益提高，“一昼夜可灌田数十亩”。道光时河北南部使用井车已较多，并向北部推广。到清末，《救荒简易书》卷三说：“直隶、河南、山东等省，灌园灌田多有用（畜力）水车者。”此水车是指水井水车。可见，清代时在北方主要井灌区水井水车的使用已普及。

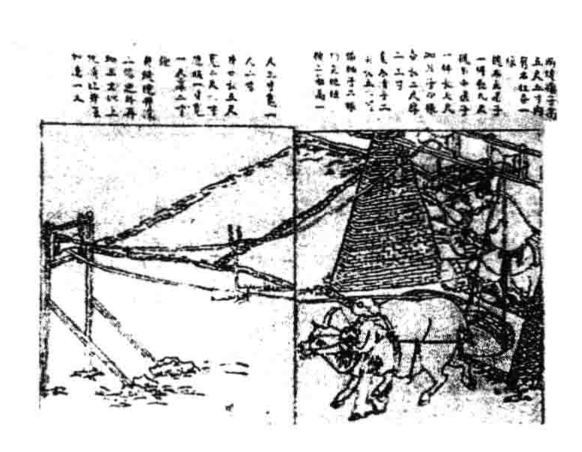


图4－4－1－2 《井利图说》滑车井图

3. 玉衡车和恒升车。明末，西方科学技术逐渐传入我国，其中对井灌机具也作了介绍，后来还进行了试制。《农政全书》卷一九《泰西水法上》载有两种当时西方流行的气压式吸水机械，一种叫玉衡车，另一种叫恒升车。

玉衡车的部件有七个：一曰双筒，水可从筒底的孔中进入，以铜或锡做成。如筒长六寸，筒径则为三寸，底孔径一寸五分，筒底侧装有一斜管，管径一寸，高与筒顶平行，以合于壶之下孔。又有一方板，嵌在底板上，可以把孔开合。二曰双提，可带动水上升。以坚木做成砧，大小以入于双筒为准，且上下时密切相接又不



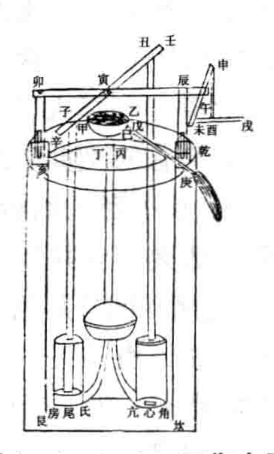


图4-4-1-3 玉衡车图

（选自《农政全书》）

阻滞。砧上装一柱。砧径三寸，则柱径一寸，柱的长短，根据水深和井高而定。三曰壶，是装水的总器具。以铜做成椭圆状，底部有二孔，也有开合之枢纽。四曰中筒，壶水由此筒而上。以铜或锡做成，中筒直径与长筒旁管之径同。五曰盘，中筒之水由此出。以铜或锡做成，其容器大小与壶同。盘底中部有孔，连接中筒之上端，中筒之水，上溢则入盘。盘旁有孔装下迤的管，水由此管而出。六曰衡轴，挈双提下上之具。由交加的两木轴构成。七曰架，设在井中的支架，以支撑机具。在井的两旁设柱，或用石、或砌砖、或木；柱上端有山口，以容轴。轴之首设三角摇把；梁居水下，以榆木做成，双筒放在其上，中稍凹有孔，井水可从孔入双筒。见图4-4-1-3。

图4-4-1-4 恒升车图

（选自《农政全书》）

恒升车的部件有四个：筒、提柱、衡轴、架。见图4-4-1-4。玉衡车实为双筒恒升车，吸气筒与吸水筒分为二，双筒此升彼降，能连续提水。而恒升车为单筒结构，吸气与吸水合为一筒，一升一降才能提水，但比较轻巧。玉衡提水效率是恒升的一倍，结构较恒升复杂些，适于出水量大的井。

从工作原理看，以上两种机械都是用外力造成筒内真空，通过大气压力差来引水上升，我国宋代四川盐井已使用原理相似的皮囊竹筒吸水。明末徐光启特别推崇玉衡、恒升这两种吸水机。他说汲取井水有三种方法：“汲为上，辘轳次之，挈绠缶为下。”[31]汲指的就是玉衡车和恒升车。至清代开始制造使用。道光年间工部侍郎徐士芬参照《授时通考》所载结构，造出样车。其制“用一长筒，中施机关，以一柱入筒，左提右挈，水即上升，无异得雨，随处移用，运棹轻灵”。试制成后送军机处，“进呈御览”。同治元年（公元1862年），朱潮奏请将此机具在北方推广使用[32]，但未能普及开来。

4. 风车。明代出现了提取井水的风轮（即风力水车），徐光启《农政全书》卷一六称：“掘土深丈以上而得水者，为井以汲之。……其起法，有桔槔、有辘轳、有龙骨木斗、有恒升筒，用人用畜。高山旷野，或用风轮也。”对其结构未作介绍。我国元代已有了提取江河之水的风力水车，明代则将风车使用到井灌中，说明井灌机具又有进步。清末上海农学会所编《农学丛书初集》中介绍了提取井水的“风车”，主要结构由风车和水筒组成，风车转运时通过机械带动水筒中提柱上下运动以提水，这种“风车”属西法机具。明清时期在井灌机具方面已开始引入西方机具，这是技术发展史上出现的新动向。



第二节 引水灌渠技术的发展

明清时期，虽然北方灌溉事业渐趋衰落，但对重要的传统引水灌区如黄河流域的关中、汾河、丹沁灌区，汉水流域的汉中灌区等都有持续不断的维护修建工程。而干旱的西北地区灌渠工程则有较多发展，其中不乏大型的水利工程。以往开发较少的台湾地区，清代大量修建圳渠等灌溉工程。在这些水利建设中传统的灌渠工程技术继续得到深入发展，新疆还形成了独特的坎儿井技术。

一、引水灌渠向边疆地区的发展

明清时期，西北地区的灌溉水利在原有的基础上有很大的进展。灌渠工程建设主要在新疆、甘肃、宁夏、青海的河湟地区进行。清代东南海疆台湾进入全面开发的重要阶段，随着土地的拓垦不断修筑圳渠工程。这一时期内地灌渠工程技术进一步向边地传播。

（一）新疆灌渠的发展

新疆水利在汉代已有所开发，主要在南疆经营。唐代灌渠工程始向北疆发展，今乌鲁木齐一带是屯田水利的重点地区。宋、元时新疆灌溉水利仍有发展。元末明初，在嘉峪关以西地区，形成许多各自割据的封建政权。明代恢复对西域的管辖以后，曾于哈密等地设八卫以统领其地，但终明一代，经营西域不力。到了清代，政府加强了对新疆的统治，平定叛乱，驻兵守卫，移民实边，发展屯垦，大力开发水资源，兴修了许多引水灌溉工程，促进了农业生产的发展。新疆灌渠及技术的发展与屯垦的进展密不可分。

清代从康熙朝中期至乾隆朝中期，为平定准噶尔贵族的分裂叛乱，多次向西移师作战。为就地供应军粮，恢复被破坏的经济，康熙五十五年（公元 1716 年）清军首先在哈密、巴里坤驻兵屯田，开渠引水[33]。当时哈密疏渠引水浇灌塔勒纳沁屯田，岁收青稞 2 100 石。雍正年间，在巴里坤驻扎办事大臣，兴办屯垦。从奎素、石人子以至尖山一带百余里内俱开垦修渠，“取用南山之水，共有正渠九道，自山口以外，多渗入沙碛，必须木槽接引，方可畅流”。“其三道河以北，自镜儿泉三墩起，至奎素止，亦有正渠三道。”[34]巴里坤屯垦水利之后扩建不多，因当地地寒霜早，渠水不丰，可耕地不广。雍正元年（公元 1723 年），派有 400 名回人到哈密开垦，引暗门子乌拉台、柏沟河、天生圈三处沟水及大小 17 条泉水灌溉[35]。雍正十三年（公元 1735 年），于哈密西之三堡及沙枣泉、东北之塔勒纳沁各派兵一千进行屯田。另有官民两千在哈密蔡把什湖开榆树沟等渠道，建闸蓄泄，“耕种公田一万亩，以及荒余地三千亩”[36]。康熙末年，清军驻守吐鲁番，也进行屯田水利，到雍正元年收获麦糜9 330余石[37]。这一时期，战争还在进行之中，屯田水利规模较小，引取的水源主要为沟水和泉水，灌渠长度不大，但已有防渗技术的采用。

乾隆二十二年（公元 1757 年）清军进入伊犁地区，平定准噶尔部阿睦尔撒纳的叛乱。二十四年又进驻南疆，统一新疆。为巩固边防，开发当地经济，遂广为招徕，大力推行屯田。因军事、政治需要，直到嘉庆时期，屯田布局仍“北重南



轻”，主要在“田土肥沃”的伊犁、乌鲁木齐一带进行。

伊犁是全疆的军事重地。该地区有伊犁河通过，支流纵横交错，泉水众多，水资源条件甚为优越。乾隆二十五年（公元1760年），任命参赞大臣阿桂专理伊犁屯田事宜，率绿营兵100名，回人300名，在海努克筑城兴屯。屯田回人相隔半里立一村庄，共15处，“各修缉沟渠引水灌田”[38]。之后，乾隆三十二年（公元1767年）回人增至6 000户，屯田兵在乾隆三十四年增到2 500名。因屯田扩大，渠水不够灌溉，到嘉庆时，逐渐兴修了一些大渠。

伊犁河南岸以锡伯渠（又称察布查尔渠）最著名。乾隆二十九年由盛京征调锡伯族官兵千人，并家眷共3 000余人，往伊犁河南岸察布查尔一带驻防和屯垦。起先，疏浚了一条东西长200余里的水渠，从伊犁河引水。渠道离伊犁河数里，只灌溉北面狭长滩地，引水不多。渠南虽有旷土，但地势偏高，渠水浇灌不上。嘉庆七年（公元1802年），锡伯营在总管图默特带领下，另于伊犁河上游察布查尔山口开凿引水口，建成了一条与旧渠相隔十余里，并行流向，长度相当的新渠。经六年的施工，于嘉庆十三年竣工。新渠高于旧渠六七尺，可溉南山下的高田，称为“锡伯新渠”，亦称南渠；旧渠称为北渠。“既浚新渠，辟田千顷，遂大丰殖。”[39]此渠渠首龙口、渠线布置合理，至今仍灌溉锡伯族自治县十万余亩良田。见图4－4－2－1。

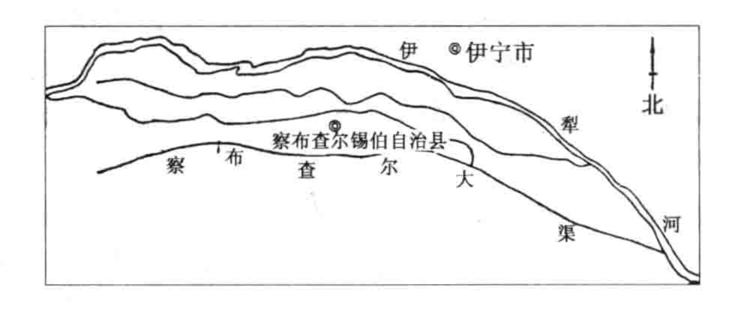


图4－4－2－1　察布查尔渠位置示意图

伊犁河北岸建有民渠、通惠渠、皇渠等众多渠道。民渠于乾隆二十八年（公元1763年）由商民张尚义等200户所凿，在惠远城附近将伊犁河水引上北岸，溉垦地一万余亩。通惠渠于嘉庆七年（公元1802年）由伊犁将军松筠主持开凿，目的是推行旗屯。于惠远城东相度地势，凿“大渠”引伊犁河水，干渠自黄草湖大致向西折25里，经涝坝湾，又向西数里至爬梁，又向西至双桥庄分为两支渠。此渠当地人称为“将军渠”，溉田数万亩。因大渠以北地势高难于灌到，翌年，又于爬梁处分水，开渠道一条，溉大渠以北之地，称为通惠渠，当地人称为镇台渠[39]。因通惠渠与大渠是南北两支渠，两渠亦合称通惠渠。松筠又于通惠渠以东阿齐乌苏地方开浚大渠，“引丕里沁山泉之水，灌田数万亩”。嘉庆二十年（公元1815年），因回、旗各屯农田日辟，山泉不敷灌溉，于是整治哈什河（伊犁河支流）旧渠，拓宽开挖20余里，新开支渠170余里，并将济尔哈朗山泉引入，灌溉丕里沁150户回民屯田；而丕里沁山泉专灌惠远城旗屯公田[40]。引哈什河水的灌渠道光后期有大的改建工程，形成灌田十万亩的皇渠灌区[41]。

乌鲁木齐依山傍水，南有天山峰峦，雪融成河，向北多道泻出。从木垒向西到



玛纳斯（皆属乌鲁木齐屯区）依次有十六七条河，水源较为充足。乌鲁木齐处于战略要地，早在乾隆二十三年，在乌鲁木齐至木垒派兵7 000人，昌吉派兵3 000人屯田，引水灌溉[42]。此后屯田水利更加广泛。乾隆三十七年（公元1772年），“约计乌鲁木齐各属连年在外招募户民及内地送往户民，共垦有营屯田地三十万余亩”[43]。至嘉庆十三年户屯亩数增加到68万余亩[44]。该地区多小型灌溉工程，清末时有灌溉干渠179道，支渠464道。

此外，南疆在乾隆二十三年（公元1758年），以吐鲁番为中心，东向辟展（今鄯善）、鲁克察克，西向托克逊、喀喇沙尔（今焉耆）等地进行屯田水利。其中喀喇沙尔灌渠引开都河水，水势湍急，进行加固堤岸，修筑闸座等工程。[45]

道光年间新疆的屯垦水利转向以南疆为重点。这是由于嘉庆二十五年（公元1820年）南疆发生叛乱，至道光初年才平息，为稳定统治，屯垦重点移向南疆。如道光八年（公元1828年）调拨回民，在喀什噶尔的大河拐一带百余里空地内试垦，因该处地势较高，故在河中筑坝抬高水位引水灌溉[40]。道光十四年（公元1834年），在巴尔楚克（今巴楚县东）的毛拉巴什赛克三引用玉河之水，垦种两万余亩屯田；又引用浑河之水灌溉马尾巴、沙虎儿屯田[46]。屯田原来准备从大河拐引浑水，挖一条长800余里的渠道，修建后经过实地丈量，长度为382里，且“水势甚旺，足资灌溉”[47]。至道光十六年（公元1836年）时，巴尔楚克建成的各渠坝，已能灌溉十万余亩土地[48]。

道光二十四年（公元1844年），林则徐和哈喇沙尔办事大臣全庆奉命勘查南疆屯田水利，促使南疆灌渠水利大为发展。他们历时一年，往返万里，周历南疆八城，“浚水源，辟沟渠，教民耕作，定约束数十事”[49]。据《清宣宗实录》等记载，他们指导兴办的灌渠工程主要有以下几处：

（1）在库车，指导改建引渭干河的渠道，渠口宽两丈，渠长120余里，又在河内建迎水坝一道。该渠溉地7.6万余亩[50]。

（2）在和田，所属达瓦克地方，筑坝开渠，修龙口，将玉河水顺势导入；又于洋河一带觅得泉源50余处，接引入渠，全年皆堪灌溉，开垦荒地共9.6万余亩[51]。

（3）在叶尔羌，所属霍尔罕地方，新垦田9.8万亩，开挑的渠道，足资灌溉。叶尔羌东北的巴尔楚克系军事重镇，建议进一步兴修水利，大开屯田[52]。

（4）在哈喇沙尔，民户可开垦之地，共有10万余亩。为了灌溉新垦之田，于库尔勒大渠南岸接开中渠引入新垦之地；在北山根地方，应将原引开都河的灌渠龙口展宽，别开大渠与旧渠并行，再开支渠四条及退水渠一条[40]。

（5）在伊拉里克，查知该地区地势平坦，西面200余里有大、小阿拉浑两山泉水汇为一河，但河水流经沙石戈壁，潜入沙中，为此要在沙石戈壁内凿大渠，再开挖多条支渠，将水引至新开垦的平地。渠建成后形成11.1万亩的大灌区[53]。

（6）在吐鲁番，开大渠一道，渠首段碎石夹沙，易于淤积，“酌定经久修治章程”，加强平时的清淤和维修[51]。

这些水利的兴修促进了屯垦的发展。《清史列传》卷五四《全庆传》记载：到道光二十五年（公元1845年），“于是库车、阿克苏、乌什、叶尔羌、和田、喀什



噶尔、伊拉里克、喀拉沙尔凡垦地六十八万九千七百十八亩”。此时北疆伊犁等地屯田灌溉水利发展亦增快。

同治三年（公元1864年），中亚浩罕的阿古柏在英、俄帝国主义支持下入侵新疆，沙俄也侵占伊犁九城，新疆灌溉水利惨遭破坏。陕甘总督左宗棠奉命移师西征，在收复失地的过程中，修复渠道，屯田耕种。光绪三年（公元1877年）收复全疆后，特别把修浚河渠列为各项善后工作的首位，当时在哈密、巴里坤、古城（今奇台）、乌鲁木齐、玛纳斯、吐鲁番、焉耆、库尔勒、喀什、莎车、巴楚等地兴修灌渠，灌渠防渗等技术大有进展。

光绪十年（公元1884年）新疆建省以后，屯垦事业更为发达，并资助农户兴修水利，灌渠水利几遍于天山南北。据宣统三年（公元1911年）《新疆图志·沟渠志》所载统计，新疆共有干渠944条，支渠2 332条，灌溉农田达1 119.9万余亩。

（二）甘、青灌渠的发展

明清时期，河西走廊、西宁至兰州间的河湟地区以及泾水上游的平凉一带，灌渠水利有较大发展，水资源利用较为充分。

河西走廊是中原通往新疆及西亚的要道，战略地位十分重要。明清两代在此驻扎重兵，设屯垦殖，修渠溉田。明代河西设15卫，东起庄浪，西抵肃州，绵亘两千里，设官经营屯田水利，有屯田军十余万人[54]，兴修了不少灌渠工程。如嘉靖年间（公元1522～1566年），巡抚都御史杨博在河西主持屯田，修复渠道，还兴修了部分新渠，有甘州右卫垦区的东泉渠、仁寿渠、中卫垦区的瀚树渠，前卫垦区的德安渠等[55]。隆庆年间（公元1567～1572年），巡抚都御史石茂华又对河西水利进行整治，除疏浚旧渠外，又增修了若干新渠，如甘州左卫的梨园堡新开渠、右卫的小满渠、中卫的新开畦畦坝渠等[55]。故乾隆《甘州府志》卷六《水利》称杨博、石茂华等在甘州一带“悉力经营，淘成美利”、“皆渠之功臣”。经过屯田军士的辛勤开拓，黑水、弱水、洪水等及其他川谷水，都得到开发利用。据万历《陕西通志》卷一一《水利》记载，河西屯区共有水渠196条，灌溉面积达172.9万余亩，以甘州五卫屯区最多，有水渠74条，灌溉面积75.6万余亩。安西、敦煌一带明政府未直接管辖，但仍得到明王朝的帮助疏水道开渠溉田。如永乐八年（公元1410年）赤斤卫（今玉门市西北）首领塔力尼说：“我辈得安居，农具、种子皆官给，又为之疏水道溉田。”[56]《敦煌杂抄》卷下谓：明代苦峪城（今安西县东南）“两面则平畴千顷，沃野弥望，沟塍遗迹，绣错纷然。穷其渠道所由，在西北几二百里，于靖逆之上龙王庙疏勒、昌马二河会合处引来”，由是“户口滋息，耕牧富饶”[57]。

清代康熙末至雍正时期，由于向新疆进军，为建立供应基地，在嘉峪关内外广置屯田。如康熙五十五年（公元1716年），在肃州（治今酒泉）迤北开垦，度量河水，在金塔寺、嘉峪关至西吉木、达里图、方城子等处设屯，下种籽2 000余石，同时在安西布隆吉尔等地择水泉富足处募兵屯田[58]。雍正十年（公元1732年），饬令“于嘉峪关口内外柳林湖、毛目城、三清湾、柔远堡、双树墩、平川堡等处，相度土宜，开垦试种，穿渠通流，以资灌溉”。总计新垦屯田约计20万亩[59]。如雍正十一年兵备道王全臣在瓜州屯田，开渠五条，总长293里，另开回



民南北渠两条[60]。雍正十三年在毛目城设民屯，引黑河之水开渠两条，一条长 2 700 丈，灌溉双树屯之地，又于下流 60 里开渠一条长 20 020 丈，灌溉毛目屯之地。另外，河西的凉（治今武威）、“甘（治今张掖）二府的灌渠工程在以往的基础上继续发展。据《嘉庆大清一统志》统计，总计河西走廊的渠道大约有 254 条，灌溉面积至少有 35 952 顷（缺安西州灌溉面积）[61]，其中凉州府共 31 条，溉田 21 686 顷；甘州府共 108 条，溉田 11 724 余顷；肃州共 64 条，溉田 2 542 顷；安西州共 11 条，灌溉面积不详。清代开凿的一些渠道规模较大。如安西州的屯田渠道有三条，一自安家窝铺起至乾沟长 50 里；二自炭窑起至瓜州，长 50 里，建有拦河坝，宽 20 丈，减水闸三座；三自安家窝铺之上七里开渠，自渠口至瓜州长 104 里。敦煌县引党河水的渠道清后期已有 10 条，长度从 20 余里至 70 里不等[62]，渠宽一二丈，深一丈左右。这些绿洲地区渠道密如蛛网，形成完善的灌区系统，经济效益显著，出现了“金张掖，银武威”的谚语。

河湟地区，前代已有灌溉水利开发。明洪武十年（公元 1377 年），征西将军邓愈战胜吐蕃后，遂置归德所（今青海贵德县），有屯军 500 名开垦黄河沿岸土地。后又设河州卫（今甘肃临夏县）分兵屯田。永乐四年（公元 1406 年）都督指挥使刘钊又从内地调兵士扩大屯区。这样，在贵德、保安（今青海同仁县）、河州及西宁等地都设有卫所，进行屯垦，引河、湟水灌溉农田。据万历《陕西通志》卷一一《水利》记载，仅西宁卫屯区就有渠道 20 条，灌溉农田共 26.2 万亩。清代鼓励民办水渠，黄河、湟水两岸又增修许多灌渠。据乾隆《西宁府志》卷六、乾隆《循化厅志》卷四、卷七记载，乾隆时西宁县已有渠道 136 条，碾伯县有 68 条，贵德县有 4 条，大通县 4 条，循化厅 8 条，以上共计引水干渠 220 条。可溉下数量为 1.35 余万石的农田，以每石合 40 亩计，约可溉田 54 万多亩。

皋兰（今兰州市）是甘肃省城所在地，为河陇地区政治、军事、经济中心。明以前灌溉水利记载甚少，明清时期灌溉水利迅速发展，除大力发展大型水转筒车提取黄河水灌溉外，引水灌溉在皋兰及周围地区也多有修建。皋兰在明代开始引城西南的阿干河水灌溉，成化时开有三渠：其一自龙尾山麓经关王庙，下灌东川田圃；其二自西廓入注东、西、南三面城壕，以固城垣；其三自高崖子经古峰寺下，灌溉西川田圃[63]。渠水为利颇广，灌溉农田达几百顷，还供城中居民饮用水。渠道创造性地采用了木槽防渗技术。

清代兰州府属地区灌渠的发展则有南洮（河）北黄（河）引水工程的修建。洮河沿途岸峻水急，难以利用。康熙前期在李家湾、灵石寺一带开始开渠灌溉。之后陆续开有多条渠道。引黄灌渠集中在府境北部之靖远地区，从乾隆中期以后，开有永兴渠、中和渠、永固渠、源盛渠、丰泰渠、永裕渠、利济渠等，这些渠道的布置形式，首起黄河，余水亦尾泄黄河。此外，还兴建了不少引泉灌渠，对于不能凿引河水的山间坡地，起到较大的灌溉效益。据宣统《甘肃新通志》卷十《水利》记载统计，清后期皋兰有引阿干河水、山川水和泉水等灌渠 27 条，灌田 2.3 万余亩；狄道州（治今临洮县）有引洮水等灌渠 30 条，灌田 9 万多亩；靖远有引黄渠道 7 条，县属各处还将泉水蓄积起来，名涝池渠，以资灌溉；河州有引大夏河、广通河、洮河等的渠道 16 条，有记载的灌溉面积达 14 万余亩。



甘肃东南平凉河谷平原，深处泾水上游，土地平坦肥美，宜于农业，但以往灌溉水利开发很少。明成化二十一年（公元1485年）在平凉直至泾州连亘200里的范围内，开凿大小渠道62道，引泾水及其支流，灌田3 000余顷，名为利民渠[64]。在泾水上游形成一个较大的灌区，渠道分布甚密。同治年间陕甘总督左宗棠以渠道年久淤塞，进行疏浚，光绪三十四年又大加修浚后，更名为因利渠。

（三）宁夏灌渠的发展

明清时期宁夏引黄灌渠更加发展，分为三个系统，即中卫、河东和河西区域。明代宁夏是九边重镇之一，驻有重兵防守，并实行大规模的军屯。因屯垦需要，对灌渠多次整修，调正渠口，疏浚渠道，扩大灌溉面积。明初洪武三年（公元1370年），河州卫指挥使兼领宁夏卫事的宁正“修筑汉、唐旧渠，引河水溉田，开屯数万顷，兵食饶足”[65]。根据宣德《宁夏志·水利》记载：明初经过疏浚继续运行的渠道：河西灌区有唐来渠和汉延渠，唐来渠长400里，汉延渠长250里；河东灌区有汉伯渠和秦家渠；卫宁灌区有蜘蛛渠、石空渠、白渠、枣园渠、中渠、七星渠和羚羊渠，共11条。除废塞已久的昊王渠外，已恢复西夏及元时的规模。

正统四年（公元1439年），由宁夏巡抚都御史金濂主持，用工4万，疏浚七星、汉伯、石灰三渠，“溉芜田千三百余顷”[66]。其中七星渠自中卫县泉眼山北侧鹰石咀引黄河水东流，长43里，溉田210余顷[67]。

弘治年间巡抚都御史王珣修治废塞的长300里的昊王古渠，更名为靖虏渠，“后以石坚沙深，不能成功”。又在灵州金积山河口，“开渠灌田，给军民佃种”[66]。此渠称为金积渠。但因多顽石，工程艰巨，未能全部开成。

嘉靖四十一年（公元1562年），由毛鹏主持对中卫黄河北岸蜘蛛渠进行整修，因岸徙渠淤，渠口引不上水，于旧渠口西六里许新开引水口，建六孔进水闸1座，其傍又凿五孔减水闸一座，新开新渠七里，下口仍入于旧渠，渠成后易名为美利渠[68]。原渠长58里，溉田300余顷[69]，重修后渠长120里，溉田增至730顷[70]。

隆庆四年（公元1570年）宁夏佥事汪文辉对汉延、唐来二渠进水木闸进行改建，但工未完就调离，巡抚罗凤翱继其事，万历五年（公元1577年）改建石闸工程全部告竣，并设减水闸10座。14年后，河东汉、秦二渠坝也依河西样式“筑以石”[71]。

万历四十年（公元1612年），傅朝宇对中卫通济渠进行扩建，从张恩堡西南三道湖开口，引水绕堡，东流至高家嘴子入河，延长旧渠40里，灌田2420亩[72]。由于不断整修和扩建，改进水工技术，明代宁夏灌溉效益已超过前代。据嘉靖《宁夏新志》卷一、卷三记载统计，宁夏共有渠道19条，其中河东汉、秦二渠灌溉面积共16.30万亩；中卫美利（原蜘蛛渠）、石空、白渠、枣园、中渠、羚羊角渠、七星、贴渠、羚羊店、夹河、柳青、胜水、石灰等13条灌溉面积为21.54万亩（缺石灰渠灌田面积）。

清代对宁夏引黄灌溉更加重视，康熙、雍正年间即对灌渠工程大加修筑，新修了大清、惠农、昌润渠，与唐徕、汉延渠合称河西五大渠。

大清渠，一名清渠。康熙四十七年（公元1708年）水利同知王全臣主持开凿，引水口开在宁朔县大坝堡马关嵯处，输水干渠利用并延长了清初所开的贺兰渠，至宋澄堡归入唐渠，灌溉唐徕渠东岸高地，以助唐徕渠水力所不及。干渠长



72 里，大小陡口 129 道，溉宁朔县（今银川市）田 1 213 顷。雍正十二年（公元 1734 年）及乾隆四年（公元 1739 年）均修浚[73]。

惠农渠，一名惠渠，又名黄渠。原先滨黄河西查汉托护地方，有良沃地万顷，但汉、唐二渠水浇灌不到，遂旷为牧野。雍正四年（公元 1726 年）工部侍郎通智相度形势，开浚渠道，于雍正七年竣工。其引水口初设在叶升堡东南陶家嘴南花园湾处，与汉延渠并行而北，至平罗县西河堡入西河，再归入黄河，长 200 里。两侧“支渠四达，长七八里以至三四十里者百余道，均作陡口飞槽”。各支渠又设“小陡口、小暗洞千余道，以相引灌”。大渠两旁植垂杨十余万株。又于大渠之东，循黄河滨“筑长堤三百二十余里，以障黄河泛滥”[74]。自此，旷土牧野成为沃土良田。乾隆五年（公元 1740 年）因地震渠口塌陷，移进水口于通润桥。以后，渠尾亦几经改徙。乾隆三十九年（公元 1774 年），黄河主泓东移，又改建渠口于刚家嘴，至平罗县尾闸堡入黄河，干渠共长 262 里，大小陡口 136 道，灌溉宁夏、平罗两县农田 4 529 顷。

昌润渠与惠农渠同时开成，是利用黄河分支六羊河故道改建而成。初为惠农支渠，地居惠农之末，所到之水甚少不敷灌溉。乾隆五年地震渠道废坏后，于平罗县通富堡另开新口与惠农渠别行，但渠口纳水不畅，上移至通义堡仍无济于事。乾隆三十年另在宁夏县通吉堡溜山子开口，渠水畅通，渠长 136 里，大小陡口 113 道，灌田 1697 顷。昌润、惠农渠开成后，招民耕垦，“辟地 300 余亩”，成为膏腴的农田，于是增设平罗、宁朔二县。

由于大清、惠农、昌润三大灌渠的建成，加上其他灌渠的重修改建，清代前期宁夏灌溉事业达到极盛。据《大清一统志》卷二〇四《宁夏府》统计，当时宁夏灌区直接由黄河开口的大小干渠共 23 道，总计灌田 217 万亩[75]。其中河西五大渠共灌田 160.07 万亩；河东汉伯、秦家二渠灌田 26 万亩；卫宁灌区美利、贴渠（旧名中渠）、北渠（旧名白渠）、新北、胜水、石空、顺水、新顺水、常永、石灰、羚羊角、羚羊店、羚羊、七星、柳春、通济等 16 条渠，共灌田 31.20 亩。见下页图 4 –4 –2 –2。

明清时期宁夏灌渠工程建设规模宏大，效益显著，在水工技术和管理运行方面也取得许多成就。

（四）台湾灌渠的发展

台湾为我国第一大岛，东临太平洋，西隔台湾海峡与福建省相望，面积为 35 760平方公里。中央山脉纵贯南北，山地多平原少，台西平原、台西北丘陵盆地、台东海滨低山丘陵是主要的农业区。台湾气候高温多雨，适于农业生产，但雨量分布不均，尤其在岛的西南部和南部地区，旱期往往超过半年以上，再加上河溪坡陡流短，水势湍急，雨期常泛滥成灾，旱季便枯竭见底。因此，要发展农业生产，必须兴办灌溉工程。

台湾很早以来，就是汉族人民与高山族人民一起对这个美丽富饶的宝岛进行着辛勤的开发。明清时期，闽粤居民移往台湾者逐渐增多，尤其到清代，台湾开发步伐加快，使原来不少荆棘丛生之地变成了“极目良田”。移民们主要种植水稻，随着水田的开辟不断修筑灌溉工程。其工程主要有两类，当地称为埤、圳。埤为蓄水的陂塘，圳为引水的渠道。康熙《诸罗县志》卷二《水利》谓：“凡筑堤潴水灌田



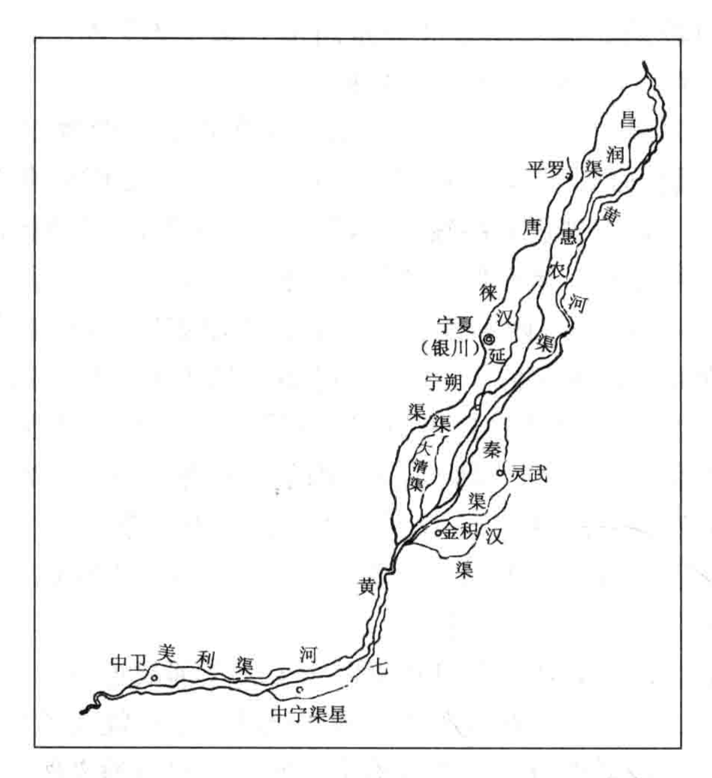


图 4－4－2－2　清代宁夏灌区主要渠道分布示意图

（选自《中国农业百科全书·水利卷》）

谓之陂（埤），或决山泉，或导溪流，远者数十里，近亦数里；不用筑堤，疏凿溪泉，引以灌田谓之圳，远者七八里，近亦三四里；……此皆旱而不忧其涸者也。又有就地势之卑下，筑堤以积雨水，曰涸死陂，小旱亦资其利，久则涸矣。”明清时期修筑的灌溉工程以圳渠引水工程最多，所起作用也最大。

据史料记载[76]，在郑成功收复台湾以前，荷兰入侵期间（公元 1624～1661 年），乡民在台南及高雄分别筑有参差陂和玉田陂等。公元 1661 年郑成功驱逐荷兰殖民者以后，以台南市为中心进行垦荒，组织士兵屯田及大陆移民垦殖。郑氏治台的 22 年间（公元 1661～1683 年），先后在台湾南部筑有十余处陂塘，但总的灌溉面积不多。

清康熙二十二年（公元 1683 年），台湾归入清政府的统一政权下。起初政府严禁大陆人民赴台垦殖，18 世纪以后，禁令逐渐松弛。因闽、粤等省地狭人稠，而台湾地广人稀，自然资源优越，于是，东南沿海之民不断徙居台湾。移民在台湾的开发过程，基本上是从南向北，从西到东，从平原到丘陵扩展，圳渠工程的兴修也与此同步进行。

清朝初期，垦殖区域主要在今台南市一带，极远不过斗六门（今云林）。康熙四十三年（公元 1704 年）“已渐至斗六门以北矣”。康熙四十九年，“又渐过半线（今彰化）、大肚溪以北矣。此后流移日多，乃至日南、后垄、竹堑（今新竹）、南嵌，所在而有”[77]。于是彰化平原、新竹平原、台北盆地等逐步得到开发，在开发的过程中兴筑了一批埤、圳。如康熙《诸罗县志》卷二《水利》记载，康熙三十一年至五十六年（公元 1692～1717 年）诸罗县新建陂圳等灌溉工程 71 项，而旧灌溉工程仅 4 项。清代台湾土地的开垦，是由有力的业户向官府申请，从而取得开



垦土地的权利，再召佃开垦。修筑埤圳工程也是由业户单独或合伙筹集资金修筑，建成后，佃民按其所用水量的多少向业户交纳水租，埤圳和土地一样都属于私人所有。台湾清代的灌溉工程，除少数几项由官府兴修外，基本都由私人修筑。如在彰化平原，康熙末年凤山人施世榜修建成八堡圳，同时期杨志中兴修了二八圳、福马圳、深圳等；在新竹平原，康熙三十年泉州人王世杰开凿隆恩圳；在台北盆地，乾隆初郭锡瑠创建石空顶圳、大坪林圳；在淡北平原，雍正期间漳浦人林成祖凿大甲圳，"引水以溉，岁入谷万石，拓地渐广"。乾隆年间又凿大安圳、永丰圳。乾隆年间在淡水一带开垦的还有多人，胡焯猷开垦兴直堡之野，筑陂圳，溉田数千甲；张必荣与族人张沛世合筑永安圳（又称张厝圳），灌溉海山堡农田 600 余甲[78]（一甲合 11.3 清亩）。

乾隆以后，台湾开垦进入盛期，这是因东南沿海闽、粤等省人地矛盾日益突出，人民竞相渡台，进行大规模的垦殖活动。如乾隆二十八年（公元 1763 年）台湾人口为 66.6 万人，至嘉庆十六年（公元 1811 年）则达到 190 万人。为了生产更多的粮食，各地普遍兴建埤、圳灌溉工程。如《新竹县志》卷六《水利》称："康熙年间……各地因随开垦之需要，纷纷建设水利，所以大部分埤、圳均系在开垦最盛之乾隆年代所开辟，虽规模不大，而密布各地。"据《台湾省通志稿》卷四《经济志·水利篇》记载，清代兴筑的较大埤、圳共 267 个（圳 226 个，埤 41 个）。其中康熙年间为 15 个、雍正年间 15 个、乾隆年间 87 个、嘉庆年间 52 个、道光年间 45 个、咸丰年间 13 个、同治年间 12 个、光绪年间 23 个，以乾隆朝最多，乾隆、嘉庆、道光三朝兴筑的埤、圳占总数的 70% 以上。又埤、圳兴修的范围随拓垦的扩展向中部腹地和东部推进。到光绪年间，清政府迫于国内外形势的压力，解除渡台之禁，设立行省，增设府县，开山抚番，招民开垦，加速台东和内山地区的开发，埤圳建设相应增加。经过清代 212 年的开发，台湾农地和灌溉水利有了很大发展。清治台湾初期垦地面积只有 1.8 万余甲（其中水田 7534 甲），到光绪后期发展到 36 万余甲（其中水田增至 20 余万甲）[79]，有埤、圳灌溉及排水系统者达 10.7 万甲[80]，占当时总耕地面积的 29.7%。埤、圳的兴修，促进了台湾粮食生产的增长。清治台湾之初，"惟有凤（山）、诸（罗）二邑出产米谷"。产量有限，仅足供本地兵民食粮。雍、乾时，随着农田的开垦和灌溉的开展，粮产日益丰裕，台米开始外运。乾隆七年"兵米、眷米及拨运福、兴、漳、泉平粜之谷，以及商船定例所带之米，则通计不下八九十万石"[81]，出现了"闽省内地民食，全赖台湾稻田丰熟，得以源源接济"[82]的情况，台湾已成为"糖谷之利甲天下"的农产富庶之地了。

台湾的灌溉工程类型多与福建相似。台湾与福建隔海相望，两地地表皆多丘陵山地，河流流路不长而湍急，这样相似的自然条件决定了可采用相同的工程类型。福建移民进入台湾，将水利技术亦随之带入，并根据当地的地形地势因地制宜修筑以圳渠为主的灌溉工程，在技术上形成自身的特色。清代台湾的圳渠，规模最大的为彰化县的八堡圳和高雄县的曹公圳，灌溉面积分别为 19 000 甲和 4 602 甲，此两圳可作为台湾灌溉工程的代表。又乾隆初建成的丰原葫芦墩圳、乾隆五年修建的台北瑠公圳、乾隆十三年将新竹 400 甲圳改建而成的隆恩圳、嘉庆十六年（公元 1811 年）兴修的罗东万长春圳，其形制与八堡、曹公两圳类似，灌溉面积均超过



千甲。其他较大的还有快官圳、十三庄圳、万斗六圳、二八圳等。这些灌渠在圳头的构造上普遍采用“堰堵法”，就地取材，形式多样。

二、典型灌渠工程及工程技术的进步

这一时期典型灌渠工程以宁夏引黄灌区的河西五大渠、台湾西南平原的八堡圳和曹公圳、河内引沁广利渠等灌渠工程最具技术特色。同时，各地传统灌渠工程技术继续有所进步，在扩大水源、改进建材、改造渠首和渠道建筑物、防止渗漏提高渠水利用率、加强灌渠管理等方面取得一定的成绩。

（一）典型灌渠工程

1．宁夏河西五大渠。宁夏河西五大渠，即唐徕渠、大清渠、汉延渠、惠农渠、昌润渠，皆从青铜峡以下的黄河开口，由西而东顺次布设于贺兰山东部的银川平原上，走向大致与黄河平行，由南流向北。现据民国十年《河套新编》卷十《渠工考》记载，将各渠道工程情况列于下表。见下页表4－4－2－1。

河西五大渠工程规模宏大，效益卓著，同时在工程技术和管理运行方面积累了丰富的经验。据乾隆《宁夏府志》卷八《水利》、《河套新编》卷十《渠工考》及《朔方道志》卷七《水利志·渠工则例》所载，主要有以下几方面：

（1）讲究渠口的布置，完善设施，修筑迎水𡎴改善引水条件。河西五大渠均为无坝引水，这一时期人们在实践中创造出一套适合当地情况的工程技术和措施。无坝引水最重要的是要保证引入足够的水量，采取的技术方法主要有：一是各渠口皆与黄河斜交，乘势以引入水流。《河套新编》卷十《渠工考》称：“宁夏五大干渠，以唐来居黄河上游，次大清，次汉延、惠农，最末昌润，各渠口皆与黄河斜交，乘势以引河流。”二是渠口外旁多修有与河平行的傍河长堤迎水𡎴①。利用黄河比较陡的有利条件，通过筑𡎴争取水头，抬高水位，以利于引水。如唐徕渠明代渠口在观音堂下，后因渠身淤高，纳水不畅，渐不敷用。清康熙四十七年（公元1708年），水利同知王全臣“则于黄河内筑迎水𡎴一道……其𡎴宽一二丈，高一丈六七尺不等，自观音堂起至石灰窑止，共长四百五十余丈，逆流而上直入峡内，中劈黄河五分之一为渠口，口宽至二十余丈，较旧渠口约高数尺，挽河流东注之势逼令西折入渠。是迎水𡎴之力已能逆水使之高束水，使之急吞噬洪流，势若建瓴不患澄淤矣，而口又加宽，受水实多，渠内之水赖以倍增。”[83]可见迎水𡎴引导水流，抬高水位的作用显著，这样流速增大，可防止渠道发生淤积，同时还兼有防御河水泛涨冲激渠口之功效。𡎴的筑法，用柳条编成大筐，内贮石子，排列两行，中填石块柴薪，叠筑起来，稍高于渠道水面，下用石衬固𡎴基。河西的其余四渠也皆筑有迎水𡎴，“长数十丈或四五百丈，伸入河中逼水入渠”[84]。三是当引水条件严重恶化时，延伸迎水𡎴，上移或重修渠口。河西地区黄河主流既不断东移降低，又时常迁徙不定冲毁渠口，加上灌区渠道的淤积抬高，使各渠口时有引不上水的现象发生。为解决引水问题，除迎水𡎴向上延伸外，明清时期唐徕渠、汉延渠和惠农渠还数次将渠口移向上游，进行改建。

---

①　乾隆《宁夏府志》卷八《水利》载王全臣《上抚军言渠务书》，称：宁夏“渠两岸之堤及堵水之坝，俱各曰𡎴”。迎水𡎴是伸入河中的长堤。



表 4－4－2－1　　清代宁夏河西五大渠工程情况表

渠　名	兴筑年代	渠口及渠道流经地	干渠长(里)	大支渠数	陡口数	暗洞数	飞槽数	溉田面积(顷)
唐徕渠(唐来渠或唐渠)	古渠，前身为汉唐光禄渠	自青铜峡开口，引黄河出峡之水，绕石山之麓，西北过唐坝堡，经宁夏城西、宁朔城北，平罗城东南，至上宝闸堡入西河	320	20	446			4 789
附旧贴渠		溉唐渠东岸高地，自南迤北至汉坝堡入汉渠	24		31			
新贴渠		由旧贴渠分出，自南迤北至清渠	56		28		1	
大清渠(清渠)	康熙四十七年（公元1708年）	在唐渠口下25里，自唐坝堡马关嵯开口，至宋澄堡稍入唐渠，溉唐渠东岸高地	75	14	128	2	1	1 213
汉延渠	古渠，创建于汉代	在唐渠口下30里，自陈俊堡四道河开口，西北过汉坝堡，经宁夏城东，至王澄堡入西河	195	13	456	5	6	3 796
惠农渠(惠渠或黄渠)	雍正四年（公元1726年）	渠口初在余家嘴花园湾开口，与唐渠并行，西北至平罗县西河堡入西河，后多次改修，光绪年间自陈俊堡东南开口，过龙门桥，经宁夏治东，平罗治东，至尾闸堡稍入黄河	260	16	136	7	6	4 529
昌润渠	雍正四年(公元1726)	初为惠农渠之支渠，乾隆五年地震坏渠，在平罗县通富堡另开口。三十年上移至宁夏东通吉堡开口中，北行至平罗县永屏堡	136	17	113			1 697

注：此表出自民国十年《河套新编》卷十《渠工考》，此表也反映了清后期的渠道状况。



又各渠渠口段皆修建有溢流、退水、进水建筑物和测量水位设施，以控制进入渠道水量。如唐徕渠在迎水埽下游有滚水坝（侧向溢流堰）一处，又下临河一侧渠岸有旁闸（减水闸）4座，又下在唐坝堡设正闸（进水闸）。正闸共五孔，东四孔为正闸，西一孔为贴渠闸（原有二孔）。正闸之旁设水表，上下分18分，每分约5寸，水至12分则渐次开旁闸减水。各坝闸附近筑有护岸埽，以防河流之冲刷。自迎水埽起至唐坝堡正闸止，长23里，是为渠口。其余各渠口建筑物与此类似。闸是一渠咽喉，在渠口内一二十里处设闸，控制引水量。正闸上游渠右岸各建旁闸二三四座，“水小则闭之使高，尽入正闸；水大则启之，使水入河”〔84〕。旁闸上游迎水埽之下用石堆砌成滚水坝，长三五十丈或七八十丈，低于堤岸数尺，入水多则从滚坝溢流，使正闸之水循规定的水表分寸入渠。自明代隆庆六年（公元1572年），佥事汪文辉开始将河西汉延、唐徕二渠进水闸易木为石，力求牢固，之后各渠闸门也皆仿其制用石砌筑。

（2）加强渠道建设，修筑分水、交叉、防洪、排涝等工程设施。从干渠分水的支渠，“大者长百余里，小者数里”〔84〕。各建石闸或木闸从干渠分水，斗渠口亦设闸从支渠分水，这些渠口名为陡口，以分水溉田。各渠分布东西阻隔，往往有此渠之地较高灌不上水，而因势乘便接引彼渠之水以接济者，则架木槽跨渠上以通流，称为飞槽（今称渡槽）。又当地入黄河的排水沟多与渠道交叉穿行，在沟道被渠道所阻处，则于渠底甃石为洞以通之，名为暗洞。灌区内飞槽、暗洞设置颇为灵巧。如惠农渠东岸地高不能引用惠渠之水，则于渠上架飞槽渡汉渠水以济之。惠农渠西岸低地灌溉余水积涝为害，则于惠农渠之底设暗洞以泄之。为防止山洪对傍山渠道的危害，在山洪沟口处设置排洪闸，排泄山洪，或做过沟暗洞，或做渡槽通渠流。灌溉后稻田澄出之清水，则先放入各湖蓄积起来。如唐徕渠东岸有解面、杨家、洛洛；清渠东岸有苇子、张喇；汉渠西岸有平则、老鹤、双塔，东岸有明水、龙太；惠渠西岸有黑渠、塔桥诸湖，称之为十二连湖，湖水盈满则泄入西河而归黄河。灌区内利用湖洼调蓄水，有利于防涝排涝。

（3）各灌渠订有岁修制度。由于黄河水含泥沙较多，每年灌溉渠道淤积甚多，所以规定每年春季要清淤。据乾隆《宁夏府志》卷八《水利》载，步骤是每岁冬水浇毕，河水结冻，于11月时用柴土堵塞渠口，叫做“捲埽”。断绝水源后，涸干渠身，到清明节时清淤渠道，并加筑堤埽，维修闸坝和斗口等，立夏节前全部竣工，立夏日掣去捲埽，开水灌溉。因每年进行，故称为“岁修”。为使清淤达到要求，当时在各段渠底埋有底石，上刻“准底”二字，每年春季清淤时，一定要清除到见底石为止。底石唐渠有三处，汉渠五处，清渠一处，惠农渠二处。岁修工料及人工的确定：规定旧户田以60亩为一分，新户田以百亩为一分。每田一分除田赋正供外，例纳草48束，后改24束，每束重16斤；又桩15根，每根长三尺，由水利同知于11月间征集存储以备来春修理埽岸闸坝之用。后改征七本三折色。因工程用品有时需用红柳、白茨、石块和石灰等物，故收折色三分以便采买，总名叫“颜料”。人工按田一分拨夫一名。挑浚渠身，加筑埽岸以一月为期，名曰“春工”。工作之时，官司亲临董率，委派熟悉渠务的绅士分段督修，被任用者称为“委管”。工竣放水后还要巡看自己所管工段有无倾陷和阻塞水流等情况出现，以



此作为考核工作好坏的依据。

（4）制定严格的灌溉制度。河西灌区很早就制定有灌溉管理制度，明清时渐趋严密。嘉靖《宁夏新志》卷一《水利》记载：汉延、唐徕渠“每岁春三月发军丁修治之，所费不赀。四月初开水北流，其分灌之法，自下流而上，官为封禁，少不如法，则水利不行，田涸而民困矣”。清代规定更加详细。据乾隆《宁夏府志》卷八《水利》和《朔方道志》卷七《水利志》记载：灌区每年立夏日放水，由下而上封俵轮灌。开水时由官员督责，将上游各支渠陡口闸门关闭，逼水到梢，直至渠梢民户浇灌满意为止，名为“封水”；封水时，于各支渠约留水二三分不等，名为“俵水”，以防水大时冲坏渠口。下游灌完，上游才许开陡口灌溉。这样自下而上，次第开放，头轮水、二轮水和三轮水皆如此办，务使上下均衡受益。又在各渠的交水段界，设置水尺。如唐渠之西门桥、汉渠之张政桥、惠渠之永固桥进行测水，看到梢早晚，各渠皆严定测水分数，以防水小不能到梢，水大涨裂渠身之弊。

各次轮灌的时间及所灌作物，乾隆《宁夏府志》卷八《水利·用水节候》有明确规定：“汉、唐、惠农各长数百里，欲使渠流三时给足，令民间自酌物候随宜浇灌，势必不能，故有头轮、二轮、三轮水之说，皆官为封俵上下。始给初开水为头轮水，浇大小麦、莞豆、扁豆，名曰夏田；其次胡麻、麻、青豆、高粱、蚕豆及瓜菜；各渠下段又多种早糜谷，亦须灌。立夏后十日内外得水者及时，半月后得水即减分数，二十日或一月不得水，虽有获，仅二三分矣。小满后种谷子，芒种前后种稻，夏至种糜子、菉豆，曰秋田。秋田年前不浇冬水，俟新水灌溉乃可下种，过期便少获，故二轮水最要，秋夏田皆须灌。三轮水亦添灌夏秋田。小暑大暑时稻地尤不可一日绝水。立秋后沤麻，末伏种冬菜，惟白露前后，夏田已收，秋田皆熟，此时水可稍退，然亦须酌留四五分浇荞麦、迟糜子及冬菜。冬水霜降后封俵，至立冬后须遍，此为来岁夏田根本，须灌足，及春方可下种。然此后水无所用，往往有浸灌道途者，亦须禁。大抵各色麦豆得水四次大获，三次者亦丰收，两次减半，一次或过迟皆无济矣。”可见头轮水大致从立夏至夏至（五月上旬至六月下旬）40余天，此为夏灌，主要浇灌小麦、莞豆、扁豆夏田作物，其次为胡麻、青豆、高粱、蚕豆及瓜菜等作物，各渠下段种的早糜谷，亦须灌，还要保证种稻用水。二轮水，从夏至至寒露（六月下旬至十月上旬）百余天，全面浇灌夏秋作物，小暑大暑时稻地尤不可一日绝水，此为秋灌。三轮为冬水，从霜降到小雪（十月下旬至十一月下旬）30天左右，冬水必须在立冬前后普遍灌好，迟则渠水结冻矣。冬灌水也很重要，须灌足，到春天才能保证土壤有充足的墒情，以便下种。各种旱作物要浇灌3～4次才能丰收。又夏（宁夏）、朔（宁朔）二县，地多低下，易发生盐碱化，种麦豆三四年，必轮种稻一次，“藉水浸以消鹻气”。

对于轮灌期间不遵守灌溉制度，偷水卖水霸水抢灌，或纵水入沟入湖淹滩漫路者，轻则游渠罚款，重则判刑押狱，以保证轮灌制度的贯彻执行。明清时制定的封俵制度一直坚持施行，成效显著，至今仍在执行。

2. 台湾的八堡圳和曹公圳。台湾的八堡圳和曹公圳是清代兴修的著名水利工程。它们皆位于台湾最大的平原——西南平原。该地区高温多雨，一年四季都适于作物生长。夏季由于受西南季风和热带气旋的影响，雨量丰沛，月降雨量一般达



400毫米以上，利于农作物的生长。但冬季半年少雨，是台湾岛上旱季最长的地区，其降雨量不及全年总量的六分之一，加上该地雨量的年变化率大，旱年的降水量只及常年的30%左右，这是西南平原发展农业生产最不利的因素。故清代开发台湾西南平原，非常重视修筑埤、圳灌溉工程，把它作为农田开垦和提高农业产量的重要措施，八堡圳和曹公圳就是适应农业生产发展需要修筑的。

（1）八堡圳。八堡圳位于今彰化县西南。因灌溉彰化所属东螺东堡、东螺西堡、武东堡、武西堡、燕雾上堡、燕雾下堡、马芝堡、线东堡等八堡农田而得名；此圳为施世榜所筑，故又名施厝圳；因圳首自浊水溪引水，又名为浊水圳。施世榜（字文标，号长龄）居凤山，康熙中叶来到彰化，招工买牛，引水开地，从事垦殖工作。当时“半线（彰化）初辟，平原万顷，溪流分注，而农功未启，荒秽于鹿豕之乡”[85]。康熙四十八年（公元1709年），施世榜召集流民，兴建引浊水溪的灌溉工程[86]。浊水溪是台湾最长的河流，发源于中央山脉，水资源丰富，自东而西流入台湾海峡。施世榜起初未能掌握好修渠技术，渠道开通后，不能过水，屡次疏浚仍然不能。康熙五十八年（公元1719年）得到一隐名老者林先生的指导。他“相度形势，指示开凿之法”，某处丘高宜平之，某处地低宜填高，某处流急宜改道，某处渠狭宜疏导，施世榜依其建议进行改建。原来圳首设在武东堡二水庄附近，圳头高程不足以控制全灌区自流灌溉。施世榜深入番县勘察，将圳头上移至浊水庄外[85]，渠水果然流通。后人为表彰林先生的功德，在圳头建祠以示纪念。

此圳从康熙四十八年（公元1709年）开工，至五十八年（公元1719年）通水，前后历经十年之久，灌溉面积达19 000甲[87]。八堡圳由施世榜独资修建。彰化所属十三堡半之田，此圳能灌八堡，可见其效益显著。农户用此圳灌溉每年需向施氏交纳水费。

施厝圳建成后，到康熙六十年（公元1721年），员林的黄仕乡亦筹资建圳，导浊水溪灌溉十五庄地，名十五庄圳。此圳可视作八堡圳的扩建工程。

日本侵占台湾后，总督府于1901年颁布了《公共埤圳规则》，将过去的私人埤圳改为公共埤圳，由政府监督管理。八堡圳首先被认定为公共埤圳。其后五年，归并十五庄圳。于是原八堡圳称为第一圳，十五庄圳称为第二圳。公元1923年又归并附近的庆丰、大义、义和、同庆四圳为八堡圳水利组合，作为一个灌区进行管理和维修。

1925年又对八堡圳进行了改建。圳头设于南投名间乡二处，该地处于浊水溪出山口。圳头的建筑物主要有截水堰一、进水门六、排水门一。截水堰建在浊水溪上以提高水位。台湾河流河床比降大，水势湍急，易涨易落，故圳头一般都要筑截水堰，自清代起已形成一套筑堰的方法。

八堡圳截水堰的筑法是用藤扎柴木，联络成上展下收的木笼，其断面像半截椭圆形。木笼中间以大小石块充填，然后叠砌成堰，再打入木桩固定。当地称这种用藤扎柴木的木笼为笱（以竹架扎成的称为蛇笼），将上展下收的木笼称为倒笱。见下页图4－4－2－3。此截水堰就地取材，费用节省，但需经常维修。这是因台湾多暴风雨，河道坡陡流急，为适应急流起见，所建截水堰多用竹、木和石块作材料。直至近现代，中小型灌渠渠首截水堰仍用此法。这种截水堰是台湾人民因地制宜的创造。

八堡圳渠系工程。浊水溪溪水自鼻子头进水口入干渠，经28里后，分为一、



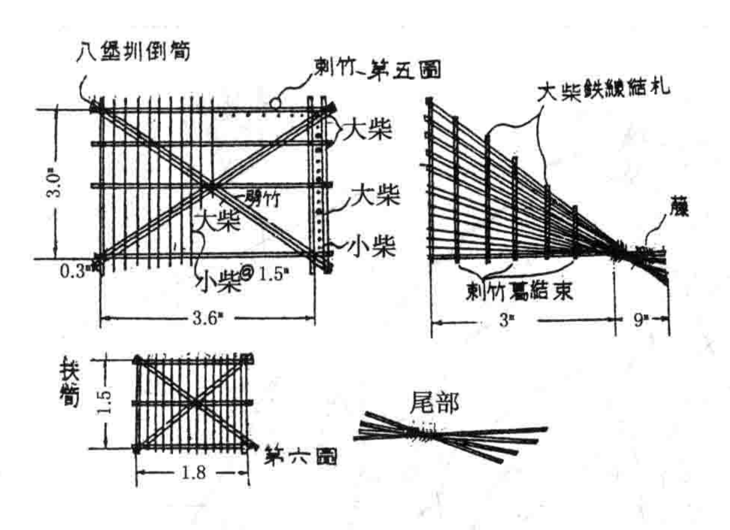


图 4－4－2－3　八堡圳倒筍

（选自《台湾之水利问题》）

二两圳。第一圳即旧八堡圳，干线长 66 里余，下有支线 14 条，分线 24 条；第二圳即旧十五庄圳，干线长 58 里，下有支线 17 条，分线 19 条。合庆丰、大义、义和三圳，全灌区干支等圳路共长 1 840 里[88]。分水的小水门，称为分汴（水汴）。在水路中途，设有水桥、隧道或暗渠等。在圳路末端，放流多余水量的有消水沟，或称阴沟。八堡圳的渠系工程在清代就已很完备。见下页图 4－4－2－4。

（2）曹公圳。曹公圳是高雄境内第一大圳。道光十七年（公元 1837 年）知凤山县（今高雄县）曹谨倡导并主持兴建，成为台湾为数不多的官营工程之一。

道光以前，高雄建有 50 多个埤、圳，但规模都较小，且多蓄水陂塘，无长距离引取河溪之水的大渠，遇有旱魃，农田减收，严重影响农业生产的发展。道光十六年（公元 1836 年）秋，台南、凤山、嘉义接壤之地发生百余里范围的大旱，损失惨重。第二年正月，曹谨任凤山知县。“当是时，凤山平畴万顷，水利未兴，一遭旱干，粒米不艺。”[89]曹谨上任后，立即亲自踏看陇亩地势，观察河溪水势。高雄境内有下淡水溪（上游称高屏溪）从北而南流过，该溪流量大，流域面积为台湾第一。曹谨决心开发下淡水溪的水资源。于是“集绅耆，召巧匠，开九曲塘，筑堤设闸，引下淡水溪之水，以资灌溉，为五门，备蓄泄”[89]。道光十八年（公元 1838 年）冬完工。干支圳道共长 40 360 丈（258 里），可灌田 31 500 余亩[90]。道光十九年春，知台湾府事熊一本亲临此圳视察，为表彰曹谨的功绩，题圳名为“曹公圳”，并撰《曹公圳记》一文刻石立碑。道光二十年又遇大旱，曹谨打算在旧圳之下，再开一新圳，以扩大灌溉面积，命贡生郑兰生、附生郑宜治晓谕业户，捐资凿圳，二年而成，干支圳路共长 242 里。后成的圳名为新圳，而以先开者为旧圳。又因旧圳流经凤山南部的小竹上里、小竹下里、大竹里、凤山上里及凤山下里，亦称五里旧圳；新圳流经凤山北部的赤山里、观音下里、半屏里、兴隆外里及兴隆内里，故称为五里新圳。因新旧圳所经范围均为五里，总称五里圳，或五凤圳。

曹公圳圳头在水工技术方面也有其特点。一是曹公圳圳头在小竹上里九曲塘。九曲塘是利用下淡水溪旁的洼地筑堤而成的陂塘。水从下淡水溪拦截入九曲塘后，再分南北两支分别入旧圳和新圳。二是下淡水溪上筑有截流堰，堰是在竹桩、竹栅



图 4－4－2－4　八堡圳布置图

（选自《台湾省水利要览》）

间填以草土筑成，称为草埤。见下页图 4－4－2－5。这是因下淡水溪底为砂底，地基软弱，承载力小，不适用石笼筑堰，故于每年十二月筑草埤断流，引水入圳。草埤在夏季易被洪水冲毁，不易维持灌溉，到 1919 年曹公新旧圳圳头分别装置了抽水机，灌溉面积增达万甲（此时一甲合 14.5 亩）以上。

曹公圳的渠道工程，光绪《凤山县采访册》丙部《地舆》有记载，渠道分干渠、支渠、分支渠。曹公旧圳从九曲塘南支水门引水入圳，沿途兼纳总舍、考史、小草、大湖四陂及龟仔潭等水，向西南行，中途经武洛塘，下注红毛港堰，干渠长 27 里，下有 15 条支渠（左五支，右十支），下又支分 44 条圳，共计溉田 2549 甲 5 分。曹公新圳从九曲塘北支水门引水入圳，沿途兼纳湖底、仙草埔、新陂内三沟，向西北行，途经国公厝、嘉棠两陂，注入下草潭，干渠长 15 里，下有 10 条支渠，



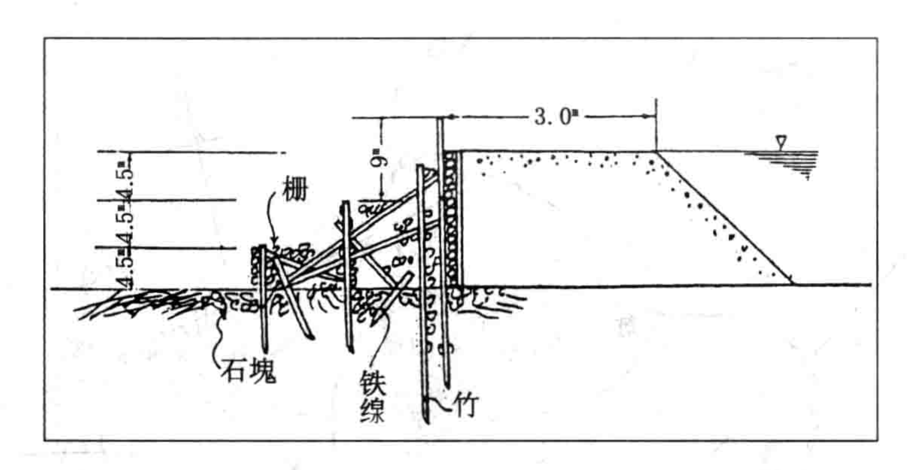


图4-4-2-5　曹公圳进水草埤

（选自《台湾之水利问题》）

下又分46条圳，共计溉田2 053甲。

曹公圳为了扩大水源，不仅干渠在沿途汇纳陂塘和小沟之水，一些分支渠也以灌区内的陂塘引水，使陂渠串联，进行水量调节，以提高灌溉保证率。

曹公圳初建时，已修有表示圳中水位高低的水则碑 。因圳水环县城流过，特把水引入县署池内，中建水心亭，“水之消水，一望可知”[91]。可以及时掌握圳中水位和水量情况，设置巧妙，便于管理。见下页图4-4-2-6。

3. 河内广利渠。河内广利渠是沁河下游的一个古老灌溉工程，前身是建于秦代的“枋口堰”，之后历代皆有修护。至明后期及清前期逐渐形成七个引水口，七条输水渠的渠系工程。这七条渠称为广济、利丰、永利、甘霖、大利、小利、广惠渠。1950年经过整修，统名为广利渠，成立统一的管理机构——广利渠管理局进行管理。

明代前期，元代修建的广济渠引沁灌溉工程继续发挥作用。弘治六年（公元1493年），河南参政朱瑄建议，对逐渐淤塞的广济渠进行整修，“随宜宣通，置闸启闭，由是田得灌溉”[92]。但广济渠下游渠道仍淤湮，以后又先后新开两条支渠，一叫利人渠，一叫丰稔河。到隆庆二年（公元1568年）由怀庆府知府纪诫主持，对引沁灌渠普遍进行了一次大整修。重修后的广济渠，长150余里，上宽四丈，深二丈，底宽一丈，灌田5 000余顷[93]。新渠又名通济河，灌溉面积比元代增加了2 000余顷。同时在五龙口上游，沁河北岸的石梯处，创建广惠南北渠，“俱阔一丈五尺，深称之，底得三分之二，南建桥闸一十七，异流三十五里入沁，可灌田二百五十余顷”[93]。

然而，由于渠道采用开畅式土口引水，“土口易淤，下流淹没，利不敌害，旋兴旋废”[92]。虽多次浚修，但维持时间不长，于是着手改建渠口，形成一些隧洞式引水口。

广济洞。万历二十八年（公元1600年）河内知县袁应泰经过全面勘察，找出广济渠屡浚屡废之故，认为非修建石口不可。他选择“枋口之上凿山为洞”。由于洞长石坚，施工十分艰巨，开凿了三年才穿通，又两年，修砌闸桥等配套工程，到万历三十三年（公元1605年）工程才全部告竣。渠虽仍沿用广济渠旧名，但实际上是一条新开的渠，效益显著。渠道从五龙口“经济源、孟县、河内、温县、武陟达于黄河，延袤一百五十里，阔八丈”，沿渠分作二十四堰（支渠）[94]。实行计



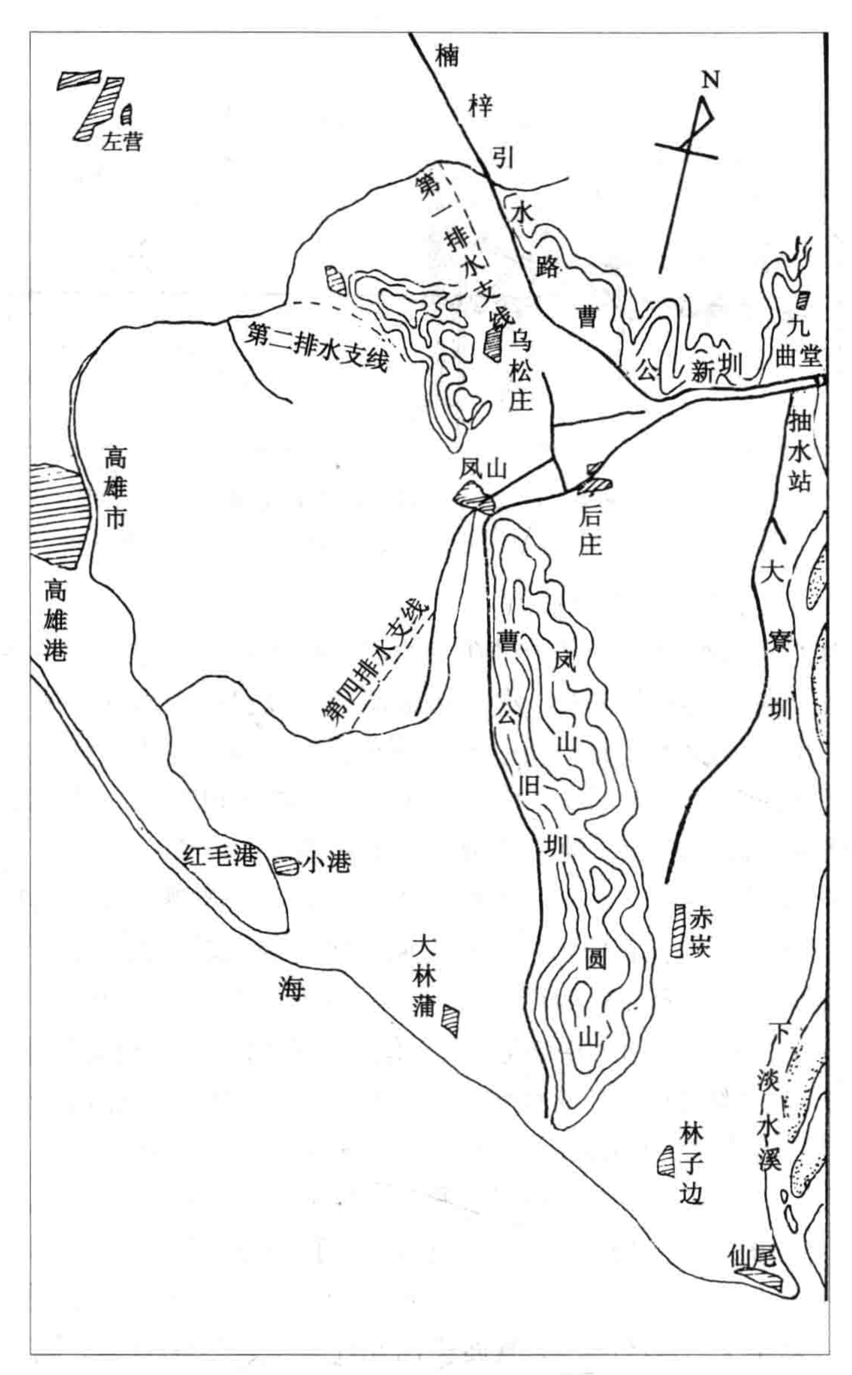


图 4－4－2－6　曹公圳平面图

（选自《台湾之水利问题》）

地亩、定时刻，自下而上分水浇灌的灌溉制度。

永利洞。万历二十八年（公元 1600 年）时，济源知县史记言在广济洞东开凿水利洞引水口[92]。永利规模次于广济，渠首结构大体相同，因地处山麓，开凿的洞短，其工程量不到广济洞三分之一，开凿较易，隧洞长仅六丈。永利干渠，南流至苗店东经分水石分水，分为两支渠：南支渠设六个分水闸，灌田 5 950 亩；东支渠设八个分水闸，灌田 11 260 亩[95]。万历四十七年（公元 1619 年），因初建时隧洞底过高，引水不大，又于洞底向下挖深三尺，引水条件得到改善。永利渠主要浇灌济源县高仰农田，清代多次整修。

利丰洞，在永利洞东。万历四十四年（公元 1616 年）河内令胡沾恩将渠口改



建成石洞[95]。渠道“乃旧渠，为河内民重浚”[92]。所谓“旧渠”，即元代的广济渠，明代修有利人、丰稔支渠，故通称为利丰渠，引水口称利丰洞。

大、小利渠，又在利丰洞东，都是明口引沁水。大利渠为明万历四十七年（公元1619年）所开，分沁水入渠，溉河头村、和家庄、王寨村等田160余顷。小利渠又名磨河，在大利渠下游，仅有碾硙之利，不起灌溉作用。

可见，明代后期已在沁河南岸形成广济、永利、利丰、大利、小利五条渠，这也是五龙口称谓的来历。清代继续开凿和改建渠口。

甘霖洞。康熙三十九年（公元1700年）前后，由济源县令甘国墀主持，于广济渠上游开凿甘霖渠隧洞，计划灌溉城北一带高仰旱田。但工程艰巨，洞长达200米，约为广济洞长的三倍，施工一年开凿了三分之一。因甘国墀调任，工未竣而罢[95]。之后，又先后施工六次，完成闸口及部分渠道工程。但因引水洞口低，渠道纵坡缓，行水不畅，加上无退水设施，易致淤积，所以未能收灌溉之利。直至解放后，经整修，始能浇灌北官庄至裴村一带数顷地。

广惠渠引水涵洞。此渠位于沁河北岸，经明代隆庆二年（公元1568年）整修后可灌田250余顷。但因沁北引水条件不佳，渠道北靠大山，南临沁河，沿河滩修渠，一遇沁河发水，易于淤塞渠首。清前期屡加修治，“旋修而旋废”。嘉庆六年（公元1801年），由济源县令何荇芳主持，对广惠渠进行改建，“铁窗取水，沐人峪口一带砌筑阴洞（涵洞式引水渠），俾无石填水冲之患”。但由于财力不足，渠道配套工程直至嘉庆十一年（公元1806年）六月始完工，灌溉面积恢复到30余顷[96]。

以上是引沁灌溉的七条渠道，解放后统名为广利渠。见图4－4－2－7。另外东面的沁河支流丹河，明清时灌渠水利也有较大发展。明代隆庆年间纪诚大修沁河水利时，曾一并修治引丹灌渠，浚治了康济河、普济河各30里，灌田各百余顷。清代引丹灌区有九堰23渠，灌溉140多个村庄的土地[97]。见下页图4－4－2－8。

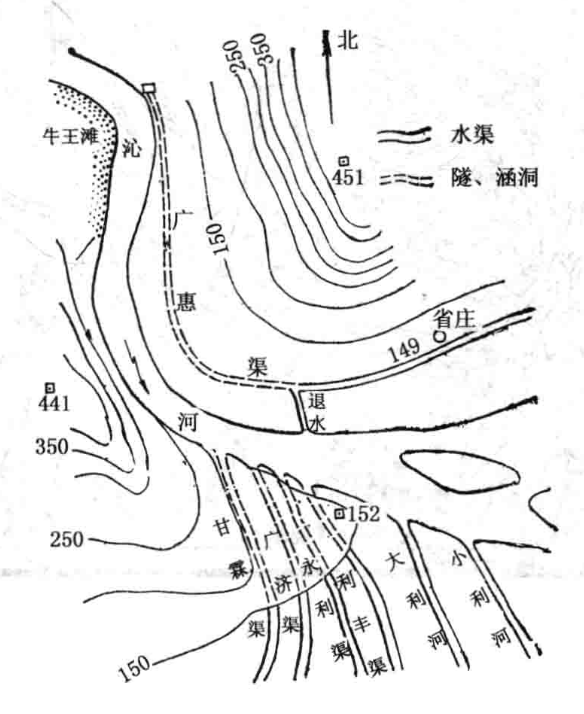


图4－4－2－7 广利渠引水口布置图

（选自《沁河广利渠工程史略》）



图 4-4-2-8　丹沁河渠总图

（选自乾隆《怀庆府志》）



明清时期引沁灌渠在水工技术方面有显著的突破：

（1）在渠首工程技术方面，将引水口改建成隧洞式及涵洞式，这在水工史上是一个创造。

隧洞式引水口。明代后期为了改善引水条件，将引沁渠口移到旧枋口上游，该地紧挨沁河出山处，河岸为石灰岩峭壁陡崖，因此必须开凿石洞引水。以渠首布置得最好的广济洞为例，其渠首工程由两部分组成：引水隧洞和渠首闸门工程。

广济渠隧洞引水口设得很低，较今河底最深处仅高出 80 厘米，因此引水的水位较高，能保证充足引水。隧洞的尺寸，明人袁应泰说："石洞长二十一丈，底阔一丈二尺，高一丈。"[98]这是大体情况。经考察[99]，洞长 70 米，石洞断面，宽窄不一，近河 50 余米为坚石，断面狭窄，出山口 20 余米，石质疏松，断面扩大，近洞尾 10 米处，有一通天孔，用以清除石渣。洞内上窄下宽，下部又似嘴唇形，据说这有利于广济洞充分吮吸沁水。实际情况也是如此。据灌区老同志介绍，当年启闸引水，水面形成收缩，好似巨龙吸水，不但有形，而且有声，沁水入洞经收缩，发出咕咕的响声。

广济渠渠首闸门工程的结构，袁应泰说："广济洞渠石闸一座，两空，每空流水高四尺，阔五尺六寸。闸北面宽三丈二尺，高三丈，望水门二座，东西角门二座，上栏杆十空，闸板、铁索、滑车俱全，闸夫看守"[98]。广济洞石闸为两空，两个启闭闸，这样便于维修。启闭闸室分 3 层：底层是引水孔；中层停放提升的闸板；上层是工作室，层间有阶梯。由于沁水水流较深，环流强烈，闸室必须砌筑坚固。所以在闸北迎水面垒石砌筑"高三丈"（实测十米），"宽三丈二尺"（实测 10.67 米）的直墙，籍以抵御洪水，保护闸座，砌石皆用方正石料。重要处，如引水口压顶的巨石、引水闸顶盖板石和栏杆下砌石，都是 1 米左右的巨石。墙中部有二座望水门，门内是启闭闸门的工作室，东西侧有角门。室顶铺平台以望远，迎水面砌栏杆。

广济渠隧洞进水口的特点，是在进口处山体内设置竖井，用以控制进水，是属于竖井式进水口，相对来说，其构造简单，不受风浪、冰冻的影响，设计巧妙。

永利洞和利丰洞的隧洞结构和启闭闸室大体与广济洞相仿。永利洞也是二孔闸室，但尺寸稍小，隧洞较短，断面亦小。利丰洞设有三个引水孔，这是因利丰洞处于下游，引水性能不如上游，故多设一洞，因所处地山体不高，地面开阔，所建洞体似桥洞。

涵洞式引水口，只见于广惠渠渠首工程，外形似地堡，大多用卵石白灰砌筑，设有望水门。引水口设单孔闸，闸室低矮，有滑车、铁索等启闭设施。广惠沿河输水涵洞，宽 2.52 米，深 3.1 米，长 1610 米，清代用白灰卵石砌筑。1979 年已改为水泥砌石拱圈。采用涵洞式引水渠首，好处是汛期来临时可提前关闭引水闸门，涵洞引水渠不会遭到洪水的破坏。

（2）渠道工程技术方面，大量设置交叉建筑物，及采用分水石分水，这是很突出的技术。交叉建筑物，明清时广利渠灌区共有 11 处，有渠道与渠道相交的，也有渠道跨天然水道的，形式有架桥（渡槽）和阴洞（涵洞），不少修建成涵洞与渡槽立交的形式。如广济与丰稔之间交叉建筑物，采用盖板涵洞上架设渡槽的形



式。见图4－4－2－9。根据袁应泰《广济渠水利碑记》[98]记载，在兴修广济渠时，“修连丰稔河架桥一座，阴洞四空，每洞中高五尺一寸，宽四尺三寸，两头各高七尺五寸，长二丈五尺”。因广济与丰稔两渠高差不大，所以涵洞较矮。阴洞设置四孔，宽度较小，在上顶盖条石板，承压性能好，但过水能力受限制。阴洞进出口断面逐渐加大，呈八字形，出洞处两侧易受淘刷，解放初改建时加修了八字翼墙。

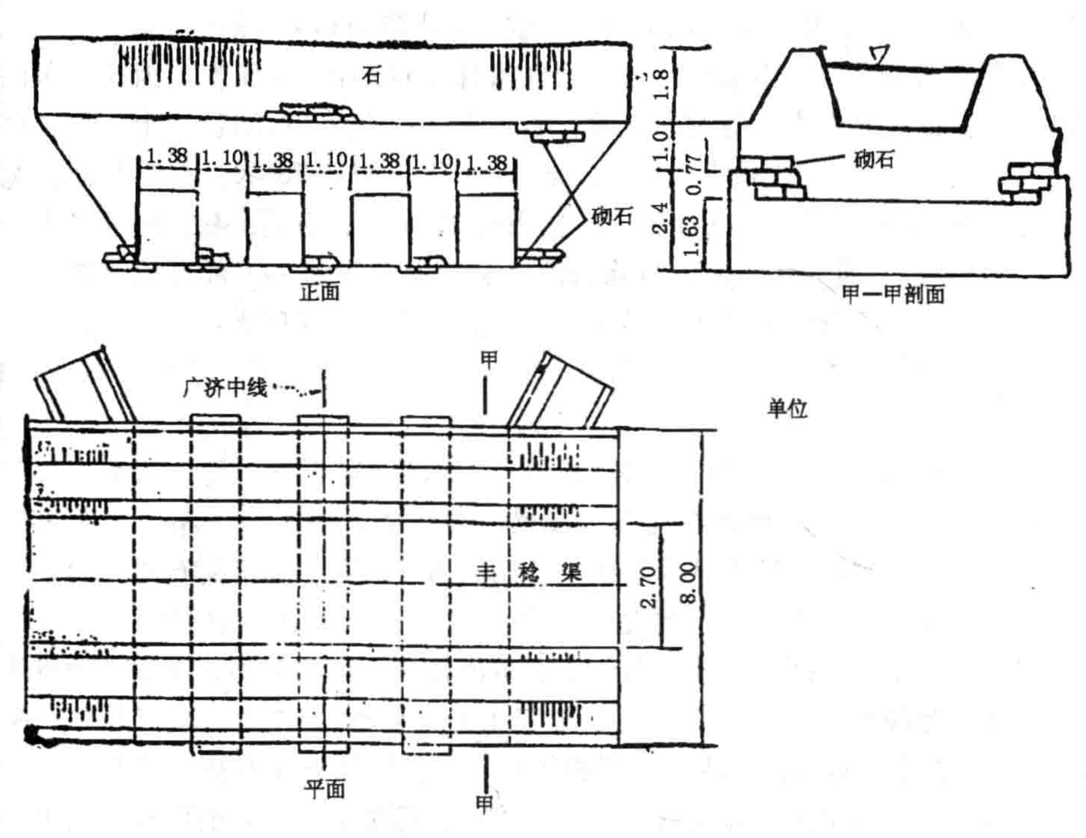


图4－4－2－9　广济、丰稔涵洞和渡槽立交示意图

（选自《沁河广利渠工程史略》）

渠道之间立交建筑物规模最大的是广济与永利两渠之间的交叉建筑物。解放后改建时发现工程异常坚固，采用长方形青石砌筑，质地坚硬，凿纹细密，上下契合，并用石灰等浆砌，胶合坚密，当时凿不开石缝，只得破石拆除，可见工程质量很好。

广惠渠穿白涧河的涵洞工程，由于白涧河高，广惠渠低，采用河底修砌涵洞的形式，涵洞顶盖为“平铺石板”，共长五十丈，进出口皆修有八字墙。

而广济、永利、丰稔过潴龙河立交工程，因潴龙河高程较低，渠道过河采用券面拱形涵洞，涵洞断面较大，涵洞跨度净达3米左右，上架石渡槽。这是适应潴龙河排水量大采用的形式。

从上可知，明代灌区立交工程技术已达到相当高的水平，根据流量大小，地势高低采用各种形式、尺寸的架桥和阴洞，构筑牢固。

分水石设置在干渠与大支渠相交处。因明清时广济渠等干、支渠实行续灌方式，用水季节同时连续供水，为了合理分配水量，设置分水石分水。如利仁与丰稔的分水；永利东支与南支的分水；以及广济渠七里屯分水石分水。袁应泰《广济渠水利碑记》载：“西七里屯分水石处，南河万盈等十一堰口，阔七尺三寸，北河永济等四堰口阔五尺七寸，底帮各长十一丈八尺，深四尺五寸。”分水比由堰口宽度和堰口底



面（也称水平石）高低的不同来确定。广济渠水通过分水石分为南、北两大支渠，南支万盈等十一堰口，阔7.3尺，北支永济等四堰口阔5.7尺，在一定的长度内，深度相同。这样，分水量完全取决于堰口宽度。设置的分水交角甚小，利于水流平顺，分水均匀，又可减少水流对建筑物的冲击。见图4-4-2-10。当时安置分水石，由地方官员会同公直（开渠有功乡民）后代、各堰堰长共同勘定。

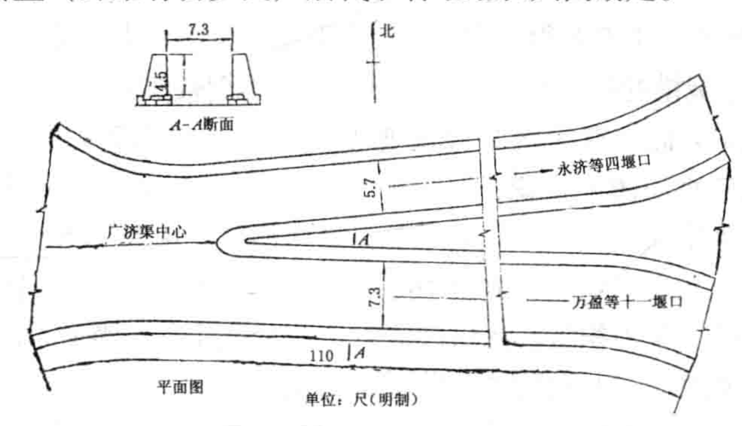


图4-4-2-10　明代广济渠七里屯分水石分水复原图

（选自《沁河广利渠工程史略》）

之后，分水设施又有改进，在分水石处加设闸门控制，称“太公闸”或“天平闸”。由于增设了闸门，不但能调节上游水位，还能按不同要求为下游配水，更利于按需人为控制不同比例的水量。这种从干渠向大支渠分水的闸门，即为分水闸，是由分水石演变而来的。

此外，支渠从大支渠分水时，修有堰头。堰头即支渠上的进水闸。各堰分出的支渠，大约100步砌筑一个阴洞，阴洞相当于今斗渠引水门。阴洞由石料砌筑，用木塞或小插板启闭洞口。据袁应泰《广济渠申详条款碑记》[97]载：“灌田俱各用锁，总管司之，凡遇用水之时，发钥开闸及阴洞，依次放水，搀越之弊，不禁而自无矣。”

（3）凿洞施工技术方面，解决了不少技术问题，开凿隧洞技术有很大进步。明代开凿广济洞的水工牛存喜解决了高程测量、凿洞定位、搬移巨石等关键性技术难题[100]。在测定引水口高程和出洞口高程时，他采用“量山探水法”，能使“两端高程相均”；在山体的两端同时打洞，如何通成一条顺直的渠线，他采用“穿地寻龙法”，能预知打洞中两端的偏差；在修建引水闸室时，如何搬动重以数吨的巨石，他采用“机法”，可能架设滑轮装置起吊。具体的方法因记载过于简略，无从知晓。

（二）工程技术的进步

明清时期灌渠工程技术继续深入发展，表现在以下方面：

1. 扩大水源的利用。明清时期引水灌渠除利用河川径流外，还大力开发雪水、冬水、泉水等。北方地区降雨量少，尤其西北地区降雨量更少，不少地区的年降雨量不到200毫米，而蒸发量却是降雨量的十倍以上。明清时新疆、甘肃河西走廊绿洲的渠道水源主要依靠高山积雪融化之水，故而说“塞外之田赖雪水灌溉”[101]。宣统《新疆图志》卷二八《农业》称：新疆“其地利则葱岭分支环抱，中贯天山，万壑争流，潴为湖泊，而雪峰冰岭，蜿蜒数千里。立夏以后，日炙雪融，分酾为渠，涓涓不竭，南北两疆之地，无不倚之以为利赖者。凡水所到之地，皆可耕种，故无水即无



地，此地利之宜也”。清代在乌鲁木齐一带设立屯区，灌渠水利有很大发展，其水源则南凭天山峰峦，雪融成河，向北分道泻出，从木垒向西到玛纳斯依次有：吉木萨河、察罕乌苏河、冒他拉河、双岔河、赛音他喇河、特纳格尔河、察罕果尔河、库尔济勒河、乌鲁木齐河、昌吉河、洛克伦河、呼图壁河、土古里克河、喀齐河、玛纳斯河、博尔峒古河等[102]。因此这一带水源较为充足，修建了许多引水灌渠，清末时干渠达179条，促使农业生产获得很大发展，农业结构也由牧为主转为农牧结合的经济结构，还形成一定规模的稻米产区，可见雪水资源得到较多利用。

河西绿洲也是如此。宣统《甘肃新通志》卷一〇《水利志》载陕甘总督陈宏谋《饬修渠道以广水利檄》中说：“河西之凉、甘、肃等处，历来夏间少雨，全仗南山积雪，入夏融化流至山下，分渠导引，自南而北，由高而下，溉田而外，节节水磨，处处获利。凡渠水所到，树木荫翳，烟村胪列。否则，一望沙碛，四无人烟。此候天造地段，年年积雪，永供灌汲，资万民之生计，普美利于不言。较之他省浚泉开井有时而涸者，共利更溥，共法更便也。”

清代西北地区不仅用雪水，还注意保护积雪。如乾隆《五凉考治六德集全志》卷三谈到永登县水利时说：“山水之流，裕于林木蕴于冰雪。林木疏则雪不凝，而山水不给矣。……严禁法令以保南山之材木，使荫藏深厚，盛夏犹能积雪，则山水盈留。”民国《张掖县志·地理志》所载嘉庆七年（公元1802年）《八宝山松林积雪说》更分析了积雪与灌溉的关系：“甘州人民之生计，全依黑河之水。于春夏之交，其松林之积雪初溶，灌入五十二渠灌田。于夏秋之交，二次之雪溶入黑河，灌入五十二渠，始保其收获。……若无八宝山一带之松树，冬雪至春末一涌而溶化，黑河涨溢，五十二渠不能承受，则有冲决之水灾，至夏秋二次溶化之雪水微弱，黑河水下而低，不能入渠灌田，则有极旱之虞。……甘州居民之生计，全仗松树多而积雪，若被砍伐不能积雪，大为民患，自当永远保护。”

发展冬灌利用冬水是扩大水资源利用的又一条途径。如山西引汾灌溉，以往冬季渠水降落，就不再引灌。清代在汾河中游河段修建“冬埝”，逐步形成八大冬埝制。所谓“冬埝”，是冬筑春毁临时修建之埝，用水时间限定于每年小雪至翌年清明之间。冬埝始筑于康熙初年，由文水县民张瑞、成三杰等集资，于徐沟县孔村（今属清徐县）首筑第一座冬埝——广惠埝，拦截汾水灌溉文水县南、北安等村土地。其后沿河各地纷纷效仿，至光绪二十八年（公元1902年），相继筑成广济、广会、利轫、天德、天义、天顺、公议、和顺、永济等冬埝，分布于清徐至平遥一线。由于汾河冬春流量有限，多处引水，水量分散，无济于事，且多费筑埝费用。因此，从光绪三十年起，规定每年至多只筑八埝，并确定了各埝分水灌田的具体日程[103]，以免纷争。清代冬埝最多时一冬灌田约20万亩，民国时增加到40万亩。这一冬埝制一直沿袭至解放初，之后，以现代工程技术改建成汾河二坝、三坝，每年需修筑的冬埝从1955年起，停止修筑。然汾河利用冬水的历史实肇始于清初。

汉中地区渠堰灌溉发达，但直至清初，“渠堰所及之田，自冬徂春，皆为旷土，民不知其可麦”。当地的耕作制度是“以原则麦，以田则稻，是以岁止一秋”。即于高田种麦，低田种稻，种稻之田，冬季休闲，不再利用渠水。康熙三十年（公元1691年），滕天绶知汉中府，通过调查了解到当地稻田冬季不种麦的原因，是因渠堰



只春季修浚一次，水稻收后渠堰缺乏维修，因此“冬月渠水涸厥，田龟坼”。滕天绶认为“汉南气燠，无坚冰，冬水潆活，无不可灌者”。要求秋天再修浚一次渠堰灌溉麦田。于是，定在每年九月间复修堤疏渠，使水利流通，田皆种麦。“待至麦熟，倍出寻常”[104]。由于冬水的利用，汉中灌区的耕作制度由水稻一年一熟逐渐转变为稻麦轮作复种制，获取的经济效益甚大。

此外，在西北地区已利用浇冬水来控制盐渍化。清雍正年间在甘肃肃州三清湾屯垦，该地是一个土质较差多沙多碱的地方。据慕国琠《开垦屯田记》载[105]，开垦新地，“例先泡水，候碱气入地，俟土性将干，然后摆犁播种”。作物生长期间要浇灌五六次。最后特别提到“至于冬水秋水，尤不可误。盖碱气性热，雪水性寒，经此可以消降。八月至九月中名浇秋水，九月半后到十月初旬名浇冬水。水入地冻，春和融化，即可耕种”。

明清时期泉水灌溉也得到进一步开发，以补地表水之不足。山西省泉水蕴藏丰富，大部分分布于汾河两旁的山麓中。清代时山西引泉灌溉大为发展，据雍正《山西通志》卷三一至四三、卷六六至六九和《嘉庆重修一统志》卷一三六至一六〇统计，清代山西引泉灌溉的有 49 个州县。又河北省“山泉所在多有”。明代徐贞明在《潞水客谈》中谈到京东水利时说:“盖历山海之境，为言诸州邑，泉从地涌，一决则通，水与田平，一引而至，比比皆然。”要求在蓟州、迁安、卢龙、抚宁、玉田等县引泉引河灌溉，万历时他按此经营京东水利时曾取得一定的成效。清代雍正时期委派怡贤亲王主持畿辅营田水利，发展水稻生产，他亦颇注意开发泉水资源。因丰润、玉田两县负山带水，涌地成泉，于是疏河引流；在满城引一亩、鸡距、红花等泉；在正定引大鸣、小鸣泉、方泉、班泉等；在邢台引百泉、达活、紫金等泉自流灌溉稻田。清代开发伊犁地区，除引河灌溉外，十分注意利用山泉，以满足兵屯、旗屯、回屯开垦灌溉之需[106]。

2. 灌渠水工技术的改进。明清时古老的灌渠除上述的宁夏引黄灌渠、河内引沁灌渠水工技术有较大改进外，关中引泾灌渠、汉中山河堰等在技术上也有进步。内地的水工技术也进一步向新疆等边疆地区推广传播。

关中引泾灌渠明清两代多次修治，明代修治 10 多次，清代修治 16 次，主要解决泾河河床下切引水困难和泥沙淤塞渠道的问题。明代洪武八年（公元 1375 年）和三十一年（公元 1398 年），由耿炳文主持进行了两次维修，筑“泾阳洪渠堰”，“浚渠十万三千余丈”[107]。永乐三年（公元 1405 年）又调动丁夫 14 400 人，军队 15 000 人，再次疏浚。宣德二年（公元 1427 年）和天顺五年（公元 1461 年）又修治过。但这些修治均难以持久，且因泾河河床下切，引泾水入渠愈来愈困难。成化元年（公元 1465 年），由巡抚陕西右副都御史项忠建议，改凿引泾渠口，此工程很是艰巨，克服了不少技术困难。

成化期间修的引泾渠口，“自旧渠上，并石山开凿一里余，就谷口上流引泾入渠”。新渠必须穿山而行，即要在大龙山和小龙山下开凿隧洞。这一带石质坚硬，施工中采用火焚水淬的办法使岩石开裂，以便于开凿。工程进行中途因项忠调离而停工。成化十二年（公元 1476 年）巡抚陕西右都御史余子俊继续经略此工程。为增加施工出工的工作面和改善洞中通风照明度，于大龙山开凿竖井 5 个，竖井有的



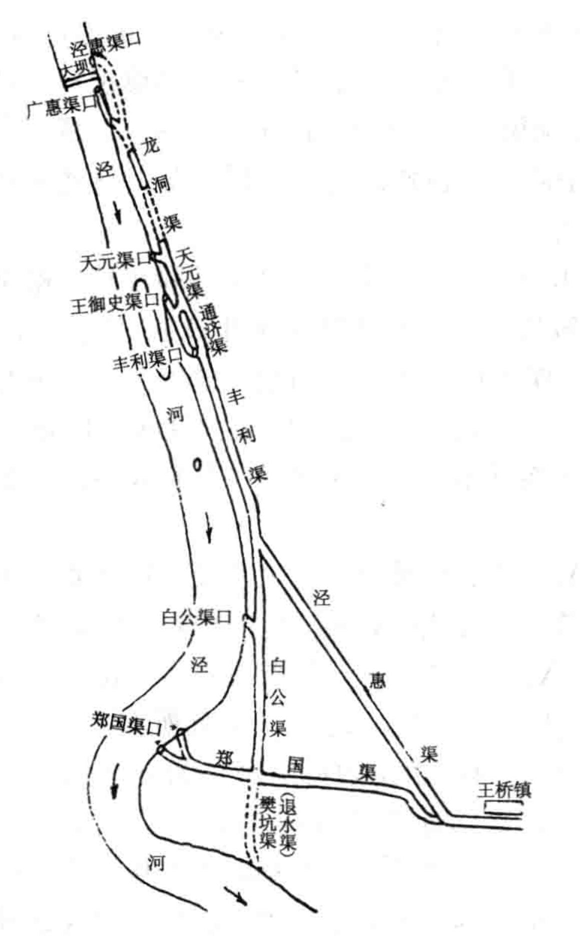


图4－4－2－11　引泾灌溉工程渠首变迁示意图

（采自《古今农业》1990年第2期）

深100多尺。然而余子俊也未完工就调离。成化十七年（公元1481年）副都御史阮勤接替施工。渠口有大石卧水中，乃筑堰隔水凿石，使水得深入。又疏凿小龙山泉眼，架木槽导引泉流入渠，并将干渠的一段沿河砌成石堤岸，于成化十八年（公元1482）终于全部告竣。工程北起泾水上源龙潭左侧渠口，南接元代开凿的王御史渠，共长一里三分，渠宽一丈，底宽八尺，深二尺至五尺，灌溉泾阳、三原、高陵、醴泉、临潼“五县田八千余顷”[108]。见图4－4－2－11。

开凿广惠渠采用了凿隧洞，打竖井，砌渠岸，疏泉架槽等技术，解决了渠道从泾河引水的主要问题。但是，“广惠渠口直入泾河，兼以广惠渠身去河流不甚远，且北山之石坚劲难凿，凿亦不甚阔，故泾水汹涌沙石滚滚而来，则渠口塞而不能入，即入者流不百步水势稍缓沙石并沉，广惠之渠身亦中满而难通”。由于凿石的艰巨，渠道断面不大，加上渠岸离河太近，每遇洪水暴发，渠口常被沙石淤塞，因此，广惠渠建成后，“淤塞之患日甚，”其效益下降，“视宋元之水利亦不逮十一，于是尽除富平诸县之水，大减泾阳五县之利，视各处多寡而分水焉。后定灌田仅八百顷耳”[109]。广惠渠口已进入仲山谷口的深腹，两岸全系陡壁，无法再上延渠口；如采用在泾河中筑坝抬高水位的方法，也会因该处水势湍急而毁坝①，所以我们可以说改建广惠渠的工程技术已达传统水利技术的顶峰。此后直到清代渠口再未上移过。正德十一年（公元1516年）开凿的通济渠，“凿石为直渠，上接新渠（指元代末年建的天元渠，在广惠渠尾与王御史渠口之间），直泝广惠，下入丰利，为渠广一丈二尺，袤四十二丈，深二丈四尺”[110]。这是将原王御史渠形成的弯曲渠段改为直渠。清代乾隆二年（公元1737年），为避免泾水泛滥淤积渠道，在引泾渠口建坝，堵塞泾水入渠通道，疏凿大龙山龙洞诸泉灌溉农田，渠道改名为龙洞渠，初建时灌溉面积达74 032亩，清末时灌溉面积减

① 近代1932年建成的泾惠渠是于旧广惠渠口上游跨河筑重力溢流低坝，建筑材料为钢筋混凝土，但此坝亦在1966年的一次洪水中被冲毁，现泾惠渠大坝是之后重建的。古代只能修筑砌石坝，稳固性是不够的。



少到2万多亩。从明清时期引泾灌溉的变化可以得出：水利工程所处的自然条件是变动的，人们必须不断地改进工程技术，提高技术水平，才能克服不利的因素，从而保持较好的工程效益。

汉中地区位于汉水上游，兴修灌溉历史悠久。明清时期引自汉水支流褒水、湑水、濂水、洋水、黄金水等的渠道皆多次修治，记载较为详细，技术上多有改进。

引褒水的山河堰，明清时称有三座堰，实际一堰已不复存在，运用的只有二堰、三堰两座。第二堰坐落在褒城县（今褒城镇）东南褒水上，拦河堰长360步，横截中流。引水干渠长百里，有支渠分水堰48座，明万历时可灌田44 823亩[111]。拦河堰结构，原为木桩堆石坝，易被洪水冲毁。清代乾隆时在堆石坝下游植柳固坝，名为柳边堰，仍不能解决问题。嘉庆七年（公元1802年）由陕西布政使朱勋主持，改砌石堰55丈。嘉庆十五年（公元1810年）又在石堰两端加筑土堰79丈，全堰共长134丈（民国时实测堰长320米）。土堰不能过水，于是石堰段则成为拦河堰上的溢流段了。同时另开新渠103丈余，渠深三尺，上口宽八丈，下底宽四丈。第三堰在第二堰下游五里处，也是一座砌石坝，“砌石截水为堰，其工较省于二堰”[112]。堰筑于褒水东面的河岔上，未截断全河。民国时实测堰长50米[113]。三堰干渠位于东岸，灌溉面积3 000亩，由于三堰灌区内利用了二堰支渠的余水，实际灌溉面积可达8 000亩。

湑水上的五门堰和杨填堰规模仅次于山河堰。五门堰位于城固县西北25里，创建年代不详，明清时多次修治，渠道形成系统，堰堤更加坚固，有分水洞湃36处，灌田5万余亩。杨填堰在城固县东北15里，“截湑水河，中流垒石为堰”。相传创自西汉，明清叠加维修。如嘉庆十五六年，山洪暴发，堰圮渠淤，知府严如煜委洋县贡生蒙兰生主持修复工程，“买地改渠，筑帮河堤二百二十八丈九尺，河水入渠处修石门五洞”[114]。使渠首工程更加牢固。1947年改建的湑惠渠，即在杨填堰旧址，灌田达16万亩。

此外，濂水上有流珠堰，相传创建于西汉，明代嘉靖二十八年（公元1549年）堤堰圮毁，改筑木桩石笼堰，溉田3 670亩[112]。冷水上的班公堰为清代嘉庆七年（公元1802年）创建，灌田8 000亩。总的来说，明清时汉中中小型灌渠得到较多发展，有大小渠道100多条[115]。1937年做过调查统计，在今汉中、安康两地区，汉江33条支渠及较大溪涧上共有渠堰145处，共灌田37.8万多亩[116]，这也大体反映了明清以来渠堰的情况。不少渠堰在建筑材料和建工技术方面也有进步。如明代在贾峪河上建成土门、贾峪石堰两座，堰长50丈，又在灌区建飞槽9座，引水洞口14处[117]。清代将洋县斜堰、城固三道堰等原来的木桩草木结构改建为砌石结构，增建闸门，以便于启闭蓄泄[118]。

清代新疆兴修了不少新的灌渠，内地水工技术进一步得到推广和应用。如道光二十二年（公元1842年）林则徐谪戍新疆，从事水利垦田工作。道光二十四年在修引哈什河的新渠（即大皇渠，今人民渠）时，伊犁将军布彦泰把最艰巨、最重要的龙口工程交由林则徐承修。林则徐结合当地具体情况运用内地水工建设的许多技术经验①，出色地完成了任务。其技术要点如下：（1）选择适宜的引水渠首位置。他把渠

① 林则徐以往参加、主持过治黄、治淮、太湖治水等许多水利工作。

首位置选在哈什河出山口后不远处，虽然引水干渠渠线增加，“长六里有奇”，还需在哈什河西岸削壁陡坡上刨挖石坎成渠，但由于渠首处河床稳定，保证了渠首工程的长时期运行，同时所在高程又高，控制自流灌溉的面积大，通过以后续建，大皇渠灌区成为横跨今伊宁县、伊宁市西迄霍城县的大灌区。（2）应用筑坝堵水技术。“龙口筑大坝一道，长二十丈，高三丈，宽六丈许。龙口两边建筑木栅，办就柳筐，其木栅柳筐内俱装石子，以防久日被水冲刷”。把内地河工上用石笼和杩槎装石料护岸、堵决口等技术，用于大皇渠渠首筑坝壅水，使渠首能多引水量，并沿哈什河东岸建坝筑堤，以免冲刷。（3）渠首建拦水闸和滚水坝。在龙口建桥一座，桥下即为拦水闸，其外筑滚水坝，“水小则引水入渠，水大则自然泄退”。（4）推广架槽输水法。大皇渠干渠在穿越北山沟水系诸山洪沟时，修建木渡槽跨越山沟输水。（5）随地形高下修筑渠道。“引水大渠一道，口面宽三丈，深一丈，长一万三千一百四十丈，合计七十三里，随地形之高下定渠底之浅深，自八九尺至一二丈不等，浅处开宽，深处收窄，面宽自二三丈不等。”[119]清代新疆兴修的许多灌渠引水量大，渠线长，技术方面有了长足的进步，这与内地水工技术的推广有很大关系。

3. 渠道防渗节水技术的采用。防渗节水技术明代已在兰州地区应用。明代修筑的引阿干河东西两渠，一绕龙尾山麓，一绕华林山麓，流经处或多沙砾，或多墓穴，经常渠崩水泄。正德十四年（公元 1519 年），兰州地方当局筹措经费，购木材制槽 50 余个，准备布置于东西两渠。翌年右副都御史郑阳抚陕，又制木槽 144 个，这年九月东西两段木槽渠成，“置槽于东西二渠者九十有二，余五十有二储以备用。时旱久渠泄，踰两月俄水大至如故规，以次灌溉”[120]。

清代时防渗节水技术在新疆开始应用。新疆的自然条件除了气候干燥水源缺乏外，还有沙砾土易于渗漏的问题。新疆的绿洲大多处于山前平原或沙漠边缘，当河水流至沙砾地带时，即渗入于地下。为解决这一问题，创造了以下两种方法：

（1）铺设木槽接引。早在雍正年间，巴里坤曾驻扎办事大臣，兴办屯垦，从奎素、石人子以至尖山一带百余里内，俱经开垦修渠。引南山之水有正渠九道，“自山口以外多渗入沙碛，须木槽接引方可畅流”[121]。渡槽以往皆用来做交叉建筑物，现改为铺于沙碛上。

（2）毛毡铺底防渗。铺毡法最早应用于哈密地区。《哈密直隶乡土志》记载：“一颗树大泉湾胳膳井有小泉灌地。……同治年间，此处有户民二百余家，抉渠二道，用毡塞渠底，引水上注。”同治末，左宗棠率军进讨阿古柏收复新疆时，部属张曜疏导石城子渠，报请供应毡单十万条铺渠。左宗棠从宁夏、青海等地大量采购，足数供给。张部“用毡单贴地数十里以承流，谓之毡工”[122]。《湘军记》卷一九《戡定西域篇》称：“张曜出屯哈密大兴水利垦荒地二万亩，获数千石以济军。哈密土质善渗，其耕垦用土工、石工及毛毡包里工，为他处所无。”毛毡铺底法乃是哈密当地人民所创造，张曜采用此法大规模地用于屯垦灌渠上，成为影响甚大的一项技术。后来光绪八年（公元 1882 年）迪化（乌鲁木齐）在兴修水利中也应用铺毡，方法上有所改进，采用“毛毡内垫，外涂灰土”的方法，可能效果更好。毛毡的缺点是花费巨大，易朽败，维持的时间不长。近代以后改用砾石和草皮铺砌渠底。

4. 渠道灌溉管理制度的普及和严密。明清时期北方灌区普遍重视制订灌溉管



理制度，严格用水分配法规，定期进行渠道的维护修理。除关中引泾灌渠、宁夏引黄灌渠在前代的基础上继续完善灌溉管理制度外，其他突出的如山西洪洞县、汉中灌区的管理制度也甚详细严密。

山西洪洞县，清代有引汾和引山涧泉流灌溉的渠道40余条，几乎每渠都制有渠册，记载有关渠道兴建沿革、维护养护、用水管理、管理人员选举、夫役摊派以及惩罚条例等。这些都记载在民国六年（公元1917年）所编的《洪洞县水利志补》一书中。其中通利渠的渠规达152条。通利渠建于金兴定二年（公元1218年），引汾水灌溉赵城、洪洞、临汾三县18村26 000余亩农田。通利渠干渠长百余里，为便于管理，将沿渠18村分为上三村、上五村、中五村、下五村四段。全渠设督水渠长（总渠长）一名，统管通利渠一切事宜。三县又各设渠长一名，分管各县事务，总渠长与三个分渠长分别管理一个段落的摊款收缴、催派事宜，各村又设沟首、执事一二人，专门处理该村的工款摊派、维修、用水管理等具体事务。每段设巡水夫一至二名不等，专管察看水情，监督用水，及时向总渠长和渠长报告情况。渠长由民众选举产生。通利渠规必须强制执行，规定的“惩罚”达36条，占渠规总数的23%。这样，在渠规的强制约束下，有效地发挥渠堰的灌溉功能，并协调各方面利益均衡合理。

清代汉中的山河堰、杨填堰、五门堰、班公堰、天分堰、龙家堰等皆订有用水规约和维修管理规定。现以山河堰为代表说明明清时汉中灌区灌溉管理达到的水平。

山河堰干渠（即二堰东干渠）约长百里。明万历二十三年（公元1595年）订立上下坝轮番灌水的制度。从第一座分水堰高堰到李官洞分水堰为上坝，灌田19 680亩。以下由高桥堰至三皇川称为下坝，灌田25 143亩。规定每十日为一轮，按田亩多少分配用水时间，上坝先用水4天，之后下坝用水6天。

各坝段内又有众多的支渠斗渠引水，“各（引水）洞口大小均按照浇田多寡定有尺寸”[123]。嘉庆《汉南续修府志》卷二〇《水利》载有具体的分水洞口的尺寸。见下页表4－4－2－2。支渠洞口安设闸板（称桐板），便于启闭控制。下坝用水期间，上坝各堰、洞口必须封闭，而且“许下坝之人亲自封锁看守”。遇山水暴发时，则上下洞口全部开启泄水，“以免骤水鼓冲堤堰之患”[112]。

除限定洞口尺寸分水外，还有以燃香计时分水的方法。如山河堰的莲花沟，用水制度规定，在稻田插秧以前可以随时放水，在插秧以后，每三日中轮此沟用水一次，时间以燃一尺长的一炷香为准，香燃尽则停灌。又有轮日分水的，以约定俗成的办法运行[112]。

堰渠的修浚亦有严格的规定。“补筑堰堤，修整各洞口决口，挑挖堰口淤沙，钉拾拦河桩石均有旧例。”[123]每年秋季渠道停水，第二年春季例行进行岁修。清代康熙以后每年秋季九月间加修一次渠道，以“蓄水灌麦”。修渠的银两由民间按地亩摊派。

汉中渠堰的管理有一套专门机构。明代汉中府专设水利通判管理各县堰务。清前期仍袭明制。乾隆年间将汉中水利通判移驻留坝，改称抚民同知，管理开垦南山老林的移民，水利专官暂缺。嘉庆中，陕安兵备道严如熤建议设置汉中府经历为专管堰务之官，以处理地跨两县之水利问题。各地堰渠设有堰差、堰长、小甲等职，负责各自所辖范围内的渠堰事务。在山河堰，“有纠合以司其总，堰长分管三坝，小甲各管小渠”[124]。严如熤在《请专委府经历专管公堰详文》[123]中说：山河堰

“上下三坝，各分段落，一应堰工事宜井井有条。数千年来循之则治，失之则乱，虽酂侯元勋才大，恐亦仓促不能定也”。明清时期汉中渠堰管理已井然有序，有灌溉用水制度，有工程修浚维护制度，还有一套独立的渠堰管理机构。这些灌溉管理制度是长时期经营的结果，有相当高的合理性，不能轻易改变。重视渠堰的管理制度，这在今天仍有着重要的借鉴意义。

表 4-4-2-2　　山河堰支渠分水洞口尺寸表

坝段	支渠名称	分水洞口尺寸(尺)	灌溉面积(亩)	备　注
上坝	高堰子	左右各宽 2	50	例不封闭
	金华堰	8	2 050	下分 7 小堰
	午珠堰	3	700	下分 5 小堰
	小斜堰	2	200	
	大斜堰	3	1 410	下分 2 小堰
	柳叶堰	1.2	279	下分 2 小堰
	丰立洞	1	1 290	
	羊头堰	1.2	1 950	
	杜通堰	1.2	1 937	
	小林洞堰	0.8	274	
	燕儿窝堰	1.0	1 490	
	红崖子堰	0.8	525	
	姜家洞	0.6	175	
	营房洞	1.0	1 330	
	李堂洞	0.5	67	
	李官洞	1.0	1 383	
下坝	大王官洞	0.5	378	圆洞口
	花家洞	1.0	1 899	
	高洞子	0.6	1 240	
	北高沟	4.8	1 017	
	上中沟	0.9	450	
	柏杨下中二沟	4.7	2 442	
	徐家沟	1.1	1 016	

5. 出现总结修筑堰渠工程技术的论说。清代在修筑渠道的过程中，出现了总



结修筑堰渠工程技术的论说，集中反映在严如熤所撰《汉中渠利说》[124]中。严如熤嘉庆时曾任汉中知府，对汉中水利多有建树。此文体现了他在渠堰修筑方面的技术认识。

修渠说首先高度赞誉了汉中渠利的巨大作用和修治渠堰技术。他说汉中渠利与西北其他渠利有很大不同，“西北渠利其为水田种稻惟宁夏、汉中”。如秦之郑白渠“灌麦粟而已”，且后世渠利已衰退。宁夏灌区虽然种稻，但因地处高寒，“收谷甚薄”。汉中修渠历史悠久，“汉川周遭三百余里，渠田仅居其半。大渠三道，中渠十数道，小渠百余道，岁收稻常五六百万石，旱涝无所忧”。因此中原纷争时常倚汉中之粮。汉中修渠堰，“法极精详”，“其治渠之善，东南弗过也”。故对这些技术经验进行了总结。

其一“在择水”，即选择适当的水源和水质。针对当地从事稻作，要求“水宜清宜暖”，因浊水和温度低的水会使稻苗不长而迟熟。如何选择水？一是不用汉水干流而用汉水支流。认为干流大而难用，支流小易于修筑堤防；二是用“山之向阳者，水性不甚寒”；三是用“泉脉从石隙出，其流必清”，或用“沙中浸出之水，性亦不甚寒”。并举出南沙河、响水子各渠成功的经验以证明。

其二“在择土”，即选择合适的土壤。“种稻之土，泥壤为上，泥多带沙者次之，泥沙相伴者次之，黄壤带沙，沙细杂少泥亦可用。”汉中修渠主要为了灌溉稻田，而稻田的收益与土壤有很大的关系，“宜稻之地，沃野六七石，次亩四五石；不宜稻之土，岁丰不过一二石。渠修而土不宜稻，徒费工本，不可不慎也”。指出修渠要预先做出规划，规划时需考虑地宜与修渠后的效益问题。

其三“在修渠身”，即选定渠道线路和渠身规格。渠线要考虑地势高低、土性坚松、渠道长短及余水排泄等因素。要求：布置成田低渠高，可自流灌溉；选择土性要坚，以防溃散；渠道流百里，数十里灌田，要使“所引之水不可太迫”，即渠道纵坡不能过陡，“则可免灌沙冲筒之患”。

又“渠身宜广深”，即要有足够的渠道横断面。“如溉田至五六万亩，则渠身须广三四丈，深一丈四五尺，进渠之水常有二三尺，方可敷用”。修筑渠堤即用挖出之土筑之，渠堤必须坚筑。渠堤在溉田的一面，渠底穴堤砌分水筒口，以便放水灌溉；无田的一面与潦沟相接，“以收野潦水助溉”，修筑时更要加功。

其四“在分筒口”，即合理设置分水筒口。田地距离渠身有远近之分，得水有多少之别。因此堰渠一条必须分筒口数十道。“堰口宽长各有尺寸，启闭各有日期，计所进之水足灌其田，不致干涸而止。”若有余水，放之下游水田，雨多之岁也可有收，但这些水田不派修渠夫费。

其五“在修龙门”，即修筑好引水渠首。龙门位于渠与溪河相接引水进渠处，“乃一渠之咽喉”。修筑位置必须迎水，河水才能入渠，但又不能当大溜，以防涨水时有冲决之患。“故作龙门必得借小阜石确硬土为要，旁吸河流，以辟正溜”。龙门要选择在有岩石或硬土处，该处地质条件好，并要避开正冲。正冲一般在弯道凹岸的中点处，而“旁吸河流”，则在弯道中点的偏下游处，这既避开了凹岸中点附近水流最急处，同时环流作用又比中点处发展得更为充分，可减少砂石入渠。“（龙）门须狭于渠，譬之门为口，渠为颊，口之所入，颊大始能容之。”进水闸门



尺寸要狭于渠道尺寸，以便安全容水。龙门两旁磡岸用灰土坚筑，各包十丈余，也可用砖砌，或用石砌，但石砌的缝过大，灰浆剥落后易于浸水。如果河流水量大，须在“龙门下数十丈、百余丈作减水坝，则堤身不至冲塌”，指出了修筑减水坝的位置和作用。总之，龙门修筑得法，旱时收水之利，涝时亦无水患矣。

其六“在作拦河”，即修筑好拦河大坝。当时南方多流行砌石坝。严如熤认为南方河床挖数尺即见石基，故砌石坝可以坚固；而北方河床为土质，砌石后水流搜根易倾。他主张汉中采用古代遗制，“用木桩长四五丈，纵横植水中，磊以乱石”，截河水之大部分入渠，坝石隙缝中仍可漏流部分河水，这样水势不急而无搜根之患，似疏而实密。至天旱水涸之时，需水量多，则用板用席可堵住坝石缝隙，不让水渗漏。如果筑坝之处水流湍急，则必须采取特殊办法，即以“木圈竹笼盛石，椗以巨桩”。这样才能固定坝体。

《汉中渠利说》所述，自渠首到渠身，自引水到分水，自水性到土性，对有关修渠的工程技术系统地做了理论总结，这在水利史上是少有的。这些原则符合现代水工原理，显示了当时汉中灌溉工程技术达到的水平。

三、新疆坎儿井及其修筑技术

坎儿井是新疆地区引取地下潜流进行自流灌溉的一种地下暗渠，又称为坎井、坎遂、坎儿、卡儿、卡井、井渠等。

新疆坎儿井历史悠久。关于它的起源，因史籍缺乏确凿的记载，目前形成几种不同的说法：

一说导源于西汉关中龙首渠的“井渠”，由内地传入新疆。此说清代陶葆廉《辛卯侍行记》首先提出，之后，王国维《观堂集林·西域井渠考》对此说作了详细的考证。近些年据吐鲁番出土唐代文书中发现有“胡麻井渠”的记载，更确认坎儿井起源于关中井渠[125]。

二说林则徐谪戍新疆时创造。此说出自新疆当地人民的传说。如宣统《新疆图志》卷一一四《林则徐传》，即说吐鲁番坎儿井为林则徐所创之法。但实际情况林则徐是续修，非创始。

三说起源于中亚波斯（即伊朗），然后传入新疆。伊朗是目前世界上拥有坎儿井最多的国家，据说已有2500多年的历史了，故推测坎儿井是后来随着伊斯兰教的传播而传到其他各地的。认为新疆坎儿井即波斯语“karēz”的译音，但也只是推测，而无确凿的史实证明。

新疆坎儿井起源不论是东来说，还是西来说，最终仍是包括汉族在内的新疆各族人民共同开发利用自然资源的水利技术成果。有人认为新疆库车发现的唐朝遗物有一件“掏拓所”文书，此掏拓所应是主管掏掘坎儿井的安西都护府（所在地今库车）的屯田水利机构。此与内地设置的水利机构名称完全不同。书中有“为取屯夫掏木□遂”句，“遂”或是“隧”的简写，指坎儿井下的暗渠。当地直至清代，仍有称暗渠为“遂”，称坎儿井为“坎遂”的，而且修建坎儿井才需“掏”和“拓”，一般修渠只需采用“挖”、“掘”的动作，所以掏拓所的主要任务很可能是管理坎儿井开拓和掏浚的[126]。而且20世纪50年代初，新疆水利部门曾在鄯善县鲁克沁西北发现被风沙掩埋已失传的老坎儿井。这些失传的老坎儿井，下面还



有老坎儿井，其年代非常久远，推测可能已有一两千年之久。近些年托克逊县阿拉沟山区岩石上发现了绘有坎儿井的石画，据说年代已很久远[127]。吐鲁番地区是兴修坎儿井最早最多的地方。文献上最早明确记载吐鲁番坎儿井的，是清人和瑛的《三州辑略》。书中记载：嘉庆十二年（公元1807年）吐鲁番西20里的雅尔湖（雅尔和屯）地方，“堪垦卡尔地二百五十一亩……卡尔地每亩交纳租银六钱”。“卡尔”即坎儿井，说明此时吐鲁番已出现了坎儿井，然而发展还不快。道光十九年（公元1839年），乌鲁木齐都统廉敬建议：“在牙木什迤南地方，勘有可垦地800余亩，因附近无水，必须挖卡引水，以资浇灌。”[128]坎儿井就由雅尔湖推广到附近的牙木什地区。此时吐鲁番的坎儿井数，据《清史稿》卷三八二《萨迎阿传》称：“旧有三十余处。”道光二十五年（公元1845年），林则徐勘查南疆水利垦田来到吐鲁番，他对该地坎儿井特别有兴趣，“见沿途多土坑，询其名，曰‘卡井’，能引水横流者，由南而北，渐引渐高，水从土中穿穴而行，诚不可思议之事。此处田土膏腴，岁产木棉无算，皆‘卡井’水利为之也”[129]。认为坎儿井有许多优点，建议在吐鲁番西部的伊拉里克和托克逊等地推行。嗣后，伊犁将军萨迎阿按此计划实行，在伊拉里克凿成60余处，合旧井共百处[130]。为纪念林则徐推广之绩，当地群众遂称坎儿井为“林公井”。光绪六年（公元1880年），左宗棠进兵新疆平定阿古柏叛乱后，在吐鲁番兴修水利，又“开凿坎儿一百八十五座”[131]。之后，坎儿井在吐鲁番一带有较大发展。20世纪初期，库车、哈密皆曾开凿过。后来天山北麓奇台、阜康、巴里坤，以及昆仑山北麓皮山县等地也凿有少量坎儿井。现在坎儿井主要集中在天山南坡最干旱缺水的哈密县、吐鲁番盆地的鄯善、吐鲁番和托克逊四个县，20世纪80年代共有946道，计哈密县185道，鄯善县310道，吐鲁番367道，托克逊84道，总流量约14立方米/秒，灌溉面积约30万亩，约占四县全部灌溉面积的30%，平均每道坎儿井灌溉250至500亩地[132]。

坎儿井的构造一般由竖井、暗渠、明渠和涝坝四部分组成。

竖井，与地面垂直，起到为开挖暗渠时定位、出土和通风，以及日后检查维修之用。先由有经验的老匠人在山坡上找到水脉，先打一口竖井，俟竖井中发现地下水后，就沿着这一水脉的上游和下游，挖掘一连串的竖井，上游每隔80～100米一个，下游每隔10～20米一个。坎儿井引水处的竖井深度应大于潜水位的埋深。竖井断面多为矩形、方形或圆形，其边长或直径多为1米左右。竖井的深度依山坡的斜度逐渐减低。挖竖井的方法，与挖筒井一样，传统使用的挖掘工具为镢头、刨锤、坎土曼（短把的），并使用辘轳出土。挖出的土放在竖井进口周围，形成环形土堆，以防偶尔出现的暴雨进入坎儿井。进口处还用树梢、禾秆和土分层封盖，以防大风时沙土被刮进暗渠，并避免冬天暗渠冰冻而造成塌方。

暗渠，起截引地下潜流和输水的作用，是坎儿井的主体工程。其首段是引取地下水的部分，须在潜水位下面开挖，余为输水部分，在潜水位以上开挖。暗渠的纵坡，一般比地下潜流和地面坡降平缓，这样引出的潜水才能沿暗渠流出地面进入明渠，或引入池塘。通常都是根据经验来确定。在胶结较好的土层内，纵坡可适当大些，约0.002～0.005；在稍疏松的黄土层内，可采用较小纵坡，约0.0015～0.0025。暗渠的断面既要满足过水的需要，也要考虑操作的方便，还要节省开挖



量。在没有衬砌的情况下为保证土层自然拱的作用，开挖时一般采用窄深式断面，顶部拱起，其宽度约为0.5～0.8米，高度约为1.4～1.7米，仅能勉强容纳一个人侧身前进和弯腰操作。施工时为了使暗渠不偏离竖井，采用的方法：一是从井上垂挂两个灯，一前一后，其连线指向下一个竖井，以资确定方向，并借以估计暗渠纵坡；一是用太阳反射镜定向，兼作照明。在淘挖的过程中，经常注意听对面挖的声音，可帮助掌握开挖方向。遇到松砂层时，须局部用木板支架撑护，避免塌方，并防止以后水流淘刷。暗渠水深一般达0.4～0.8米，暗渠的出口称为龙口，龙口以下为明渠和涝坝。

明渠，自坎儿井龙口以下，接修一段长几十米或几里的明渠。断面大小与坎儿井出水量相称。

涝坝，即蓄水池，建在明渠末端，用以蓄水，面积为0.5～1亩，水深1.0米左右。涝坝下游又接明渠。一般夜晚蓄水，白天放水引入农田灌溉。地下水温度较底，经蓄积后既能提高水温，又能集中水量灌溉。涝坝周围植树成阴，也是生活用水之地。见图4－4－2－12。

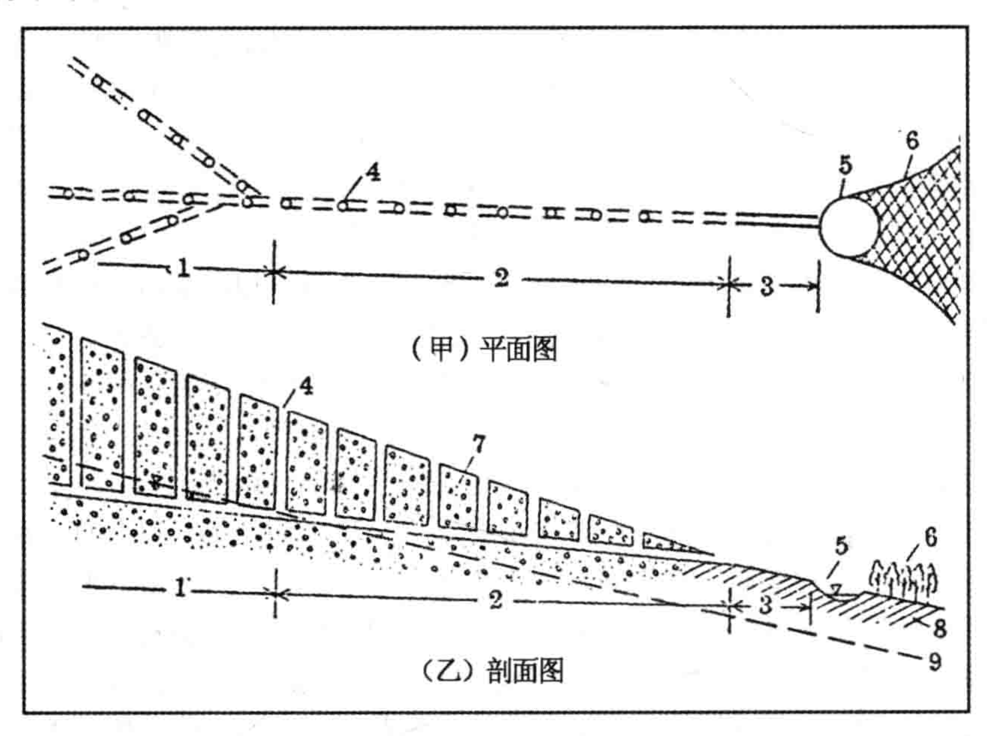


图4－4－2－12　坎儿井工程示意图

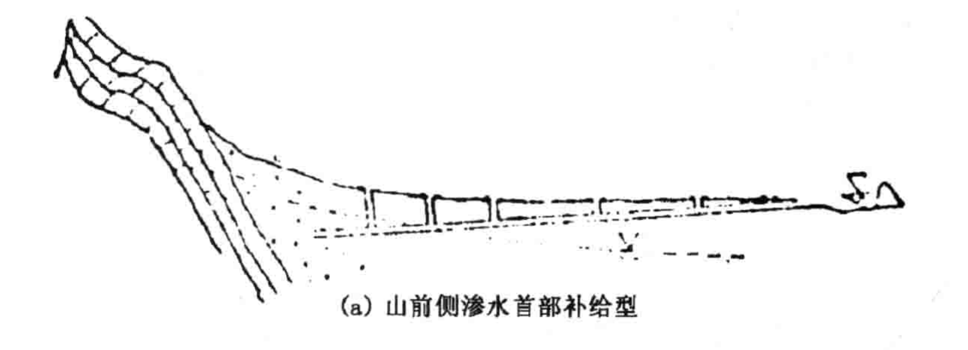
（选自《新疆地下水》）

1. 地下渠道的进水部分　2. 地下渠道的输水部分　3. 明渠　4. 直井
5. 涝坝（小储水池）　6. 坎儿井灌区　7. 砂砾石　8. 土层　9. 潜水面

坎儿井的类型，按水文地质条件的不同，可以分成三类：（1）山前潜流首部补给型，直接引取山前侧渗形成的潜流，集水段一般较短。（2）山溪河流河谷潜流补给型，集水段较长，出水量大，分布范围最广。（3）平原潜水补给型，一般分布在灌区内，地层为土质构造。见下页图4－4－2－13。

如按引水的不同形式，则可分为单头坎井和多头坎井。单头坎井主要是新挖的坎儿井，其引水部分大多只有一个头，因此出水量较小；多头坎井，都是老坎儿井





(a) 山前侧渗水首部补给型



(b) 河谷潜流补给型



(c) 平原潜水补给型

图 4－4－2－13　坎儿井的类型

向上游延伸，形成几个头，所以出水量较大。

坎儿井的优点主要有以下几点：(1) 自流灌溉，不用提水工具，节省了抽水费用；(2) 水质良好，流量稳定，而且冬季不封冻，可供全年灌溉和饮用；(3) 施工设备较简单，农户易于操作；(4) 水行地下，能减少蒸发和避免风沙的侵袭。坎儿井存在的缺点是：开挖工程量大，费时费人力，易于崩塌，维修和管理费用较高，暗渠输水部分如经戈壁层内渗漏损失较大等。总之，坎儿井是新疆各族人民在与干旱作斗争中创造的独特灌溉工程，适应了当地的自然环境，是前人留下的一份珍贵技术遗产，不应让其失传。因此，我们应客观地研究和利用改造它，以继续发挥这一古老水利设施的作用。

参考文献

〔1〕陈树平：《明清时期的井灌》，《中国社会经济史研究》1983 年第 4 期。
〔2〕清・王心敬：《井利说》，《丰川续集》卷八。
〔3〕清・王心敬：《丰川续集》卷一八《答高安朱公》，此函写于康熙六十一年。
〔4〕民国《陕西通志稿》卷六一《水利・井利》。
〔5〕万历《富平县志》卷五《官守》。
〔6〕《清史稿》卷三〇九《崔纪传》。
〔7〕清・陈宏谋：《通查井泉檄》，《培远堂偶存稿》卷二六。
〔8〕《左文襄公全集》卷一九《答谭文卿书》。
〔9〕民国《陕西通志稿》卷六一《水利》；《清史稿》卷四七九《涂官俊传》。

〔10〕乾隆《大清一统志》卷一九《正定府二》。
〔11〕嘉庆《枣强县志》卷一九。
〔12〕《清史稿》卷三〇六《柴潮生传》。
〔13〕清·林则徐：《畿辅水利议》。
〔14〕《清高宗实录》卷二一一。
〔15〕清·方观承：《棉花图·收贩》。
〔16〕清·夏同善：《请饬筹款开井灌田疏》，《清经世文续编》卷三六。
〔17〕《北洋公牍类纂》卷二四《任县谢公麟芝禀查农田水利情况并批》。
〔18〕乾隆《偃师县志》卷三。
〔19〕清·王凤生：《河北采风录》凡例。
〔20〕民国《许昌县志》卷八。
〔21〕清·郭云陛：《救荒简易书》卷三救荒耕凿。
〔22〕宣统《山东通志》卷七〇。
〔23〕王毓瑚：《区种十种》，财政经济出版社，1955 年。
〔24〕宣统《山东通志》卷七六。
〔25〕清·夏同善：《请饬筹款开井疏》，《皇朝经世文续编》卷三六。
〔26〕崔纪奏疏，载民国《陕西通志稿》卷六一《水利·井利》。
〔27〕《东方杂志》民国二年 7 期《实业》。
〔28〕元·王祯：《农书·农器图谱集之十三》。
〔29〕《修齐直指》刘光贲评，载《区种十种》，财政经济出版社，1955 年。
〔30〕嘉庆《长山县志》卷一六。
〔31〕明·徐光启：《农政全书》卷一七《水利》。
〔32〕清·朱潮：《请兴水利以裕民食疏》，《皇朝道咸同奏议》卷二八。
〔33〕民国《新疆志略》卷五《垦务》。
〔34〕《清高宗实录》卷五四八。
〔35〕《哈密直隶乡土志》。
〔36〕道光《哈密志》卷四。
〔37〕《清世宗实录》卷一三。
〔38〕《清朝文献通考》卷一一《田赋十一》。
〔39〕清·徐松：《西域水道记》卷四。
〔40〕《清朝续文献通考》卷一六《田赋十六》。
〔41〕《清宣宗实录》卷四〇七。
〔42〕《清高宗实录》卷五六三、卷五六八。
〔43〕清·文绶：《陈嘉峪关外情况疏》，《皇朝经世文编》卷八一。
〔44〕民国《新疆志略》卷五《垦务》。此时北疆民屯共有 74 万余亩耕地。
〔45〕《清高宗实录》卷六五五。
〔46〕《清宣宗实录》卷二六〇。
〔47〕《清宣宗实录》卷三二二。
〔48〕《清宣宗实录》卷二八六。
〔49〕《续碑传集》卷二四。
〔50〕清·常清：《为开垦荒地挑挖渠道各工一律完竣》，朱批奏折农业类屯垦耕作 144 号。
〔51〕《清宣宗实录》卷四一九。
〔52〕《清宣宗实录》卷三九八。



〔53〕《清史列传》卷五四《全庆传》。

〔54〕嘉靖《陕西通志》卷三三《户口》。

〔55〕顺治《肃镇志》卷一《水利》。

〔56〕《明太宗实录》卷七〇。

〔57〕《明太宗实录》卷一一〇。

〔58〕光绪《大清会典事例》卷一五一。

〔59〕乾隆《甘州府志》卷一四《艺文》。

〔60〕乾隆《肃州新志》卷下《安西卫·瓜州事宜》。

〔61〕《嘉庆大清一统志》卷二六六、二六七、二七八。缺甘州府山丹县、抚彝厅渠道数和灌溉面积，此据宣统《甘肃新通志》卷一〇《水利》统计加入。

〔62〕宣统《甘肃新通志》卷一〇《水利》。

〔63〕明·陈祥兰:《兰州卫重修水利记》，宣统《甘肃新通志》卷一〇《水利》。

〔64〕明·娄谦:《平凉利民渠说》，载《天下郡国利病书》卷五〇。

〔65〕《明史》卷一三四《宁正传》。

〔66〕《明史》卷八八《河渠志六》。

〔67〕嘉靖《宁夏新志》卷三鸣沙州城。后来七星渠口前移至清水河口处，清康熙时重浚，长百余里，溉田500余顷。乾隆二十三年浚治后溉田791顷。乾隆四十九年“筑石坝”抬高水位引水，溉田30万亩。20世纪70年代渠口移至申滩。

〔68〕乾隆《中卫县志》卷九《美利渠记》。

〔69〕嘉靖《宁夏新志》卷三鸣沙州城。

〔70〕《大清一统志》卷二〇四《宁夏府》。

〔71〕万历《朔方新志》卷四《汉唐二坝记》。

〔72〕民国《朔方道志》卷六《水利志上》。

〔73〕乾隆《宁夏府志》卷八《水利》，以下惠农、昌润两渠出处同。

〔74〕清·通智:《惠农渠碑记》，乾隆《宁夏府志》卷八《水利》。

〔75〕昌润渠溉田数据乾隆《宁夏府志》卷八统计，《大清一统志》卷二〇四作万顷，过大。

〔76〕《台湾省通志稿》卷四《经济志·水利篇》及连横:《台湾通史》卷二七《农业志》。

〔77〕康熙《诸罗县志》卷七《兵防志》。

〔78〕连横:《台湾通史》卷三一《列传三》。

〔79〕段承璞主编:《战后台湾经济》，中国社会科学出版社，1989年。

〔80〕《台湾省通志稿》卷四《经济志·水利篇》。

〔81〕连横:《台湾通史》卷二七《农业志》。

〔82〕《清高宗实录》卷一二七九，乾隆五十二年四月下。

〔83〕乾隆《宁夏府志》卷八《水利》，载清·王全臣:《上抚军言渠务书》。以下出处同。

〔84〕民国十年《河套新编》卷一〇《渠工考》，文中未标明出处者，均见此。资料所载反映了清后期的情况，乾隆《宁夏府志·水利》意同，但不具体。

〔85〕民国《彰化县志稿·人物志》。

〔86〕关于渠道开竣工年代，民国《彰化县志稿·人物志》载，康熙四十八年开工，五十八年完工；《台湾之水利问题·上篇》称康熙十九年开工，至五十八年竣工；连横:《台湾通史》卷三一《施世榜传》谓康熙五十八年建。据施世榜生平，他于康熙三十六年拔贡，选寿宁教谕，迁兵马司副指挥，之后来到彰化，故康熙十九年建有误，应为康熙四十八年开工，五十八年完工。

〔87〕周宪文：《台湾经济史》第二章，中国台湾开明书店，1980年。

〔88〕《台湾省通志稿》卷四《经济志·水利篇》。

〔89〕连横：《台湾通史》卷三四《列传·曹谨传》。

〔90〕光绪《凤山县采访册》丙部《地舆》。《台湾省通志稿》卷四《经济志·水利篇》。以下所述也见此。

〔91〕光绪《凤山县采访册》庚部《列传》。

〔92〕乾隆《怀庆府志》卷七《水利》。

〔93〕明·娄枢：《重开丹沁河渠记》，康熙《怀庆府志》卷一四《艺文》。

〔94〕康熙《怀庆府志》卷三《水利》。

〔95〕乾隆《济源县志》卷六《水利》。

〔96〕嘉庆《续济源县志》卷一〇《艺文·修广惠渠记》。

〔97〕道光《河内县志》卷二《水利》。

〔98〕明·袁应泰：《广济渠水利碑记》，载康熙《河内县志》卷二《水利》。

〔99〕张汝翼：《沁河广利渠工程史略》，河海大学出版社，1994年。下文未注出处的均见该书。

〔100〕乾隆《怀庆府志》卷二三《人物·牛存喜传》。

〔101〕裴景福：《河海昆仑录》卷四。

〔102〕《西陲总统事略》卷三《乌鲁木齐图说》。

〔103〕山西省六政考核处《山西省各县渠道表》。

〔104〕清·滕天绶：《蓄水灌麦碑记》，邹溶：《冬水灌田碑》，载康熙《汉南郡志》卷二三《艺文》。

〔105〕乾隆《甘州府志》卷一四《艺文》。

〔106〕乾隆《新疆识略》卷六。

〔107〕《明史》卷八八《河渠志六》。

〔108〕明·彭华：《重修广惠渠记》，载乾隆《泾阳县志》卷九。

〔109〕康熙《泾阳县志》卷四《泾渠条陈》，引明代泾阳知县袁化中议。

〔110〕明·刘玑：《泾阳县通济渠记》，载《后泾渠志》卷一《泾渠原始》。

〔111〕明·崔应科：《四六分水记》，嘉庆《汉南续修府志》卷二〇《水利》。

〔112〕嘉庆《汉南续修府志》卷二〇《水利》。

〔113〕周魁一：《山河堰》，水利水电科学研究院《科学研究论文集》第十二集，水利电力出版社，1982年。

〔114〕清·陈鸿训：《杨填堰重修五洞渠堤工程纪略》，嘉庆《汉南续修府志》卷二〇《水利》。

〔115〕道光《秦疆治略》，《汉南续修府志·水利》等记载统计。

〔116〕《陕西省水利概况》1937年。

〔117〕明·李时孳：《修土门贯峪二堰碑记》，康熙《汉南郡志》卷二〇《艺文》。

〔118〕清·田起凤：《改修三道石堰记》，嘉庆《汉南续修府志》卷二〇《水利》。

〔119〕《新疆屯田奏稿》抄本，此署全庆名，实林则徐，因林则徐谪戍，不能上奏。

〔120〕民国《甘肃通志稿》卷三三《皋兰县水利》。

〔121〕清·徐松：《西域水道记》卷三。

〔122〕清·陶葆廉：《辛卯侍行记》卷六。

〔123〕清·严如煜：《请专委府经历专管公堰详文》，嘉庆《汉南续修府志》卷二〇《水利》。



〔124〕清·严如煜:《汉中渠利说》,《清经世文编》卷一一四《工政二十》。

〔125〕钟兴麟等主编《吐鲁番坎儿井》,新疆大学出版社,1993年。另有不同看法,见黄盛璋:《再论新疆坎儿井的来源和传播》,《西域研究》1994年第1期。

〔126〕钱伯泉:《新疆坎儿井的历史及其渊源》,《西北史地》1990年第4期。

〔127〕王鹤亭:《再议新疆坎儿井的起源》,《中国水利》1990年第7期。

〔128〕《清宣宗实录》卷三二二。

〔129〕《林则徐集·日记》乙巳(道光二十五年)。

〔130〕《清史稿》卷三八二《萨迎阿传》。

〔131〕《左文襄公奏稿》卷五六《办理新疆善后事宜折》。

〔132〕王鹤亭:《新疆的坎儿井》,《新疆水利科技》1986年第1期。以下述说多参见该文。

第五章
区域农田水利的规划思想和治水兴利

明清时期，由于区域社会经济和农业生产的发展，人们认识和驾驭自然规律能力的提高，因此，不再局限于一时一地水利工程的兴修，往往能从流域的全局着眼，提出较大范围的治水兴利规划，有计划分步骤地实施，有些规划尽管当时因条件限制未能实施，但在规划思想上有很大突破，颇有价值。从地区来说，以海河流域、黄河流域和太湖流域最具代表性。明清时期这些地区形成的农田水利规划思想和治理经验丰富，影响深远，至今对人们仍具有一定的启迪作用。

第一节　海河流域农田水利的规划思想和治水兴利

海河流域兴建灌溉工程历史悠久。战国初已修建引漳十二渠，西汉时修建引绵蔓水的太白渠，东汉建成引潮白河的灌区，"开稻田八千余顷"。曹魏开发了引永定河灌溉的戾陵堰车箱渠灌区，灌溉农田达百万余亩。唐代在流域内兴修了数十处灌溉排水工程。宋代建设的塘泊工程规模颇大，主要起军事防御作用，也有一些灌溉效益。然而未出现流域的整体治水兴利规划。元代建都今北京，海河流域处于京畿之地。元初郭守敬最先提出海河流域若干水资源开发利用的规划。元后期虞集从国家经济战略高度首倡采用屯田方式开发海河流域的水利。明清仍建都北京，为了解决京师的供应问题，每年需从南方漕运大批的粮食。但漕运艰巨，"京仓一石之储，常縻数石之费"[1]。因此，朝野有识之士都主张开发畿辅水利，发展农业生产。他们在虞集水利思想的基础上继续发展流域规划思想，并进行治水兴利实践活动，积累了相当丰富的技术经验。

一、明代海河流域农田水利的规划思想和治水兴利

（一）规划思想

明代提倡海河流域农田水利者甚多，最早的是成化年间的丘濬，而全面系统阐述规划者是万历年间的徐贞明，之后议论者又有袁黄、汪应蛟、左光斗、董应举、张慎言、魏呈润、叶春及等人。但他们的议论"始于元虞集"，因此在阐述明代水利规划思想以前，先将虞集的畿辅水利思想略作介绍。

元代泰定年间，虞集为扭转"京师恃东南运粮"的局面，上奏说："京师之东，濒海数千里，北极辽海，南滨青、齐，萑苇之场也，海潮日至，淤为沃壤，因浙人之法，筑堤捍水为田"，[2]并建议按屯田办法组织百姓屯垦，依据垦田的成绩，授予经营者相应的官衔。他的水利技术思想是用浙人筑堤围田之法开发京东沿海淤地。这一意见当时未被采纳。迨至元末，农民起义，风起云涌，"海运不继"，丞相脱脱再次提出兴办京畿水利，招募江南人耕种[3]。至正十三年（公元1353年），脱脱领大司农事，在"西至西山，东至迁民镇（今秦皇岛市东北），南至保定、河间，北至檀（治今北京市密云）、顺州（治今北京市顺义），皆引水利，立法佃



种”，取得了“岁乃大稔”的成效[4]。虽然元朝很快被推翻，但这一成功实践应视作虞集水利规划思想的一次尝试。

弘治年间丘濬说。明代永乐十九年（公元1421年），明成祖朱棣迁都北京以后，每年要漕运东南粮四百万余石。弘治中刘六、刘七领导的农民起义军转战于河北、山东等地，一时运道梗阻，京师上下惊恐。此时丘濬重提虞集旧议，建议“于（直沽）将尽之地，依《禹贡》逆河法，截断河流，横开长河一带，收其流而分其水。然后于沮洳尽处，筑为长堤，随处各为水门，以司启闭，外以截咸水，俾其不得入；内以泄淡水，俾其不至漫。如此则田可成矣。于凡有淡水入海所在皆依此法行之，则沿海数千里，无非良田，非独民资其食，而官亦赖其用，如此则国家坐享富盛远近皆有所资矣”[5]。即采用闽浙的筑堤拒咸，浚河蓄淡，再加水门控制蓄泄的方法，开发京东沿海的水土资源。但朝廷并未重视此意见。丘濬在《大学衍义补》[6]中还提出于京畿地区“仿遂人之制”，开挖大、中、小沟排涝，夹河两岸，筑为长堤，使众沟之水不至漫溢的治水技术思想。他说：“井田之制虽不可行，而沟洫之制则不可废。今京畿之地，地势平衍，率多洿下，一有数日之雨，即便淹没，不必霪潦之久，辄有害稼之苦。农夫终岁勤苦。……北方地经霜雪，不甚惧旱，惟水潦之是惧，十岁之间，旱者什一二，而潦恒至六七也。为今之计，莫若少仿遂人之制，每郡以境中河水为主，又随地势，各为大沟（广一丈以上者），以达于大河。又各随地势，各开小沟（广四五尺以上者）以达于大沟。又各随地势，开细沟（广二三尺以上者），委曲以达于小沟。其大沟，则官府为之。小沟，则合有田者共为之。细沟，则人各自为于其田。每岁二月以后，官府遣人督其开挑，而又时常巡视，不使淤塞。如此，则旬月以上之雨，下流盈溢，或未必得其消涸。若夫旬日之间，纵有霖雨，亦不能为害矣。朝廷于此，又遣治水之官，疏通大河，使无壅滞，又于夹河两岸，筑为长堤，高一二丈许，则众沟之水，皆有所归，不至溢出，而田禾无淹没之苦，生民享收成之利矣。”然朝廷未采用此策。

万历年间徐贞明说。明代嘉靖、隆庆以后，运道受黄河干扰频频梗阻。为了扭转“神京北峙，而财赋全仰于东南之槽”[7]的被动局面，万历三年（公元1575年）、四年工科给事中徐贞明两次上书朝廷，提出利用畿辅地区的山泉、河川和沿海一带丰裕的水土资源，兴修水利，发展农业生产，以减少东南漕运，从根本上解决国计大事。现据《明史》卷二二三《徐贞明传》及《潞水客谈》，对他的水利规划思想阐述如下：

一是提出兴水利除水害，水“聚之则害，散之则利，弃之则害，收之则利”的思想。他说：“畿辅诸郡或支河所经，或涧泉自出，皆足以资灌溉，北人未习水利，惟苦水害，不知水害未除，正由水利未兴也。盖水聚之则为害，散之则为利。”他举了顺天、真定、河间农田，“半为沮洳”，是由上流15河之水，集中从猫儿一湾排泄，故易壅塞泛滥。因此，要在流域内修举水利，分疏水道，化害为利。这体现了辩证地看待水害的思想，水集聚无出路有害，但开渠散水于农田利用，则可变水害为水利。

二是因地制宜，因势利导，在上中下游采取不同的治水兴利方法的思想。他说：“夫治水之法，高则开渠，卑则筑围，急则激取，缓则疏引，其最下者，遂以



为受水之区，各因其势不可强也。”其水利措施，“于上流疏渠浚沟，引之灌田，以杀水势。下流多开支河，以泄横流。其淀之最下者，留以潴水；稍高者，皆如南人筑圩之制。则水利兴，水患亦除矣”[8]。这一因地势和水势规划水利工程的原则是十分合理的，这也体现了整体规划的思想，不是局限于单一的措施治水，或部分地区的治水，而是上中下游统一规划，分别采用不同的方法进行治理。

三是提出“治水先治源”的思想，即首先从河流上游治起，然后及于下游。他说：治水之法，“当先于水之源，源分则流微而易御，田渐成则水渐杀，水无泛溢之虞，田无冲激之患矣”。认为永定河经常冲决为患，前朝曾在下游屡次兴工，所费巨大，但效果不显，应“使桑乾上流皆引水为田，则岂惟保安之田恃以无患，而怀来以下水患亦杀矣”。永定河在怀来以上，束两山间，不得肆虐，下流过都城西 40 里石景山之东后，地平土疏，泛溢害稼，迁徙靡常。徐贞明提出从上源先治起，开辟了治水的新思路。

四是强调兴修水利的步骤，拟首先在水土资源条件好的京东地区施行，然后推广至畿辅及北方地区。徐贞明首选京东地区兴修水利，一方面是该地区有丰富的水土资源以待开发，另一方面有前代成功尝试可以借鉴。他在《潞水客谈》中说：“京东者辅郡，而蓟又重镇，矧其地负山控海，负山则泉深而土泽，控海则潮淤而壤沃，兴水利尤易也。”京东背靠燕山，面临大海，泉水埋藏丰富，“泉从地涌，一决而通，水与田平，一引而至，比比皆然”。并列举京东十余县皆有泉河，“土膏腴而人旷弃，即可修举”水利。认为滨海滩涂“萑苇弥望”，经过改造可成为与吴、越濒海沃区相同之地，“则利十倍于苇”。万历十三年（公元 1585 年）他主持畿辅地区的治水垦田工作，以京东取得的成绩最大。

万历年间袁黄说。万历十六年（公元 1588 年）袁黄任宝坻令，对宝坻地区的水利作了规划。他说：“井田、畛涂、沟浍不必尽泥古法，纵横曲直各随地势，深浅高下各因水势，中间有卑洼特甚者，量疏为塘堑，出沟浍之间，旱则蓄，水则泄。围田，地卑多水之处，随地形势四面各筑大岸以障（水），中间又为小岸，岸下有沟以泄水，或外水高而内水不得出，则车而出之。涂田，濒海之地，潮水往来淤泥常积，咸草丛生，必须挑沟筑岸，或树立桩橛以抵潮汛，其田形中间高，两边下，不及十数丈为小沟，百数丈为中沟，千数丈为大沟，以注雨潦，谓之甜水沟。初种水稗，斥卤既尽乃种稻。沙田，沙淤之田也，此田大率近水，地常润泽，可保丰熟，四围宜种芦苇以护堤岸，内则普为塍岸可种稻秫，间为聚落而种桑麻。或中贯湖沟，旱则平溉，或旁绕大港，潦则泄水。无水旱之虞，故胜他田也。”[9]阐述了开挖沟洫，修筑井田、围田、涂田、沙田的工程技术措施，这一规划也适合京东滨海地区。袁黄当时在宝坻引庠潮河，在葫芦窝等村教民种稻，做出了较好的成绩[10]。

万历年间汪应蛟说。汪应蛟注重京东和天津滨海地区的水利。万历三十年（公元 1602 年），汪应蛟任保定巡抚。他说：“瀛海当众河下流，故称河间，视江南泽国不异。至于山下之泉，地中之水，所在皆有，宜各设坝建闸，通渠筑堤，高者自灌，下则车汲，用南方水田法，六郡之内得水田数万顷，畿民从此饶，永无旱涝之患。不幸濒河有梗，亦可改折于南，收籴于北，此国家无穷利也。”[11]阐述了京东等地兴修水利的各种举措，以开辟水田。



天启年间左光斗说。天启时巡按直隶御史左光斗又论京畿屯田水利，条陈了屯田水利“三因十四议”[12]。“三因”：一是“因天之时”，批驳了“水偏利在南，偏害在北”的说法；二是“因地之利”，批驳了“水偏利在古，偏害在今”的说法；三是“因人之情”，批驳了“水不宜北，北不惯水”的说法。十四议：前八议是在流域内规划工程设施，后六议为政策措施。一议为“浚川”，指出“未有不治河而治田者。支流既分，而全流自杀；下流既泄，而上流自安；无昏垫之害，而有灌溉之利”，强调了下游开支流泄水的作用。二议为“疏渠”，除运河外，源流潴委之水都可开渠引灌。三议为“引流”，指出北方不少地方自流灌溉条件比南方好，应设法“引流”灌溉。四议为“设坝”，用在河流低下，地面较高的地方，尤宜在支河浅流处设置。五议为“建闸”，于“入水之处设斗门，以时启闭，旱则开之，涝则塞之，出水之处反是”。六议为“设陂”，山溪河流，顺水设陂堤以障之，防止山水暴涨，沙石冲压农田。并用支河灌溉，干河排水。七议为“相地”，有水利的田地种植作物，不必全种粳稻，“随其高下，听其物宜”，可种各种旱作物，旱地得灌溉之利，“胜水田之利一倍”。八议为“池塘”，利用池塘积秋冬天无用之水，于春夏浇灌，兼可养鱼莳莲。以下九议至十四议顺次为：“招来”、“力田”、“募富开爵”、“择人”、“择将”、“兵屯”。总的来说，左光斗的“三因十四议”，体现了因地制宜采用多种工程形式，并加以得力政策措施，努力开发水利的规划思想。

（二）治水兴利

万历中期以后政府组织畿辅地区的治水兴利活动，着重在天津进行，以屯田水利的方式经营。如万历二十九年（公元1601年），天津登莱海防巡抚汪应蛟在天津的葛沽、白塘等处组织军民开渠筑堤，引海河潮水灌溉洗盐，垦辟农田5 000余亩，其中水稻2 000余亩，共收稻谷约6 000余石，其余3 000亩种蓟豆或旱稻，共收四五千石[13]。稻谷好的收成，每亩收4~5石，蓟豆每亩收1~2石，而原来“每亩收不过一二斗”，初步取得成效。屯垦区采用的水利技术措施，仿效闽浙筑圩围垦海涂的方法，修筑的围田以“葛沽以北，白塘东”的十字围最为著名。这十个围的名称是“求、人、诚、足、愚、食、力、古、所、贵”[14]，含有自食其力的意思。屯垦的其他地方还有何家圈、双港、辛庄、羊马头、大人庄、咸水沽、泥沽等。万历三十年，汪应蛟调任保定巡抚。三十一年，后任孙玮继续在天津海河南部开垦，开成熟地105顷[15]。

天启初，辽东发生与后金的战事。天启二年（公元1622年），董应举任为太仆卿兼河南道御史，经理天津至山海关屯务，以解决辽东用兵军饷和安插辽民问题。他将辽东流民1.3万余户安置于顺天、永平、河间、保定等府屯田，共购买民田12万余亩，合闲荒田共18万亩，“广募耕者，畀工廪、田器、牛种，浚渠筑防，教之艺稻，农舍、仓廨、场圃、舟车毕具，费二万六千，而所收黍麦谷五万五千余石”[16]。其中“收红白稻一万五千余石，变价可得五千余金”[17]。水田主要分布在天津，在汪应蛟经营的旧址上继续经营，依靠兵士在双白、陶辛、葛沽等地作大围，开水田共8 000余亩。同时期巡按直隶御史左光斗亦在天津屯田，于何家圈一带开水田4 000亩[18]。下属通判卢观象，也“开寇家口以南田三千余亩”[19]。崇祯十二年（公元1639年），天津巡抚李继贞又在天津经营屯田，“白塘、葛沽数十里间，田大熟”[20]。

可见明代海河流域的农田水利规划侧重于京东和天津地区，并由政府组织进行



了一些治水兴利的活动，营田水利的规模虽然不大，但开发滨海水土资源的理论及经验为清代进一步规划流域农田水利打下了基础。

二、清代海河流域农田水利的规划思想和治水兴利

清代南粮北调的状况有增无减。这一时期海河流域的农业生产受气候等自然因素的影响，处于不稳定的状态。大致来说，清代乾隆之前多水灾，而乾隆以后多旱灾。为了保障和发展畿辅地区的农业生产，康熙时已有多人提出兴修畿辅水利，垦辟低洼荒地，发展水田的建议。如徐越、陆陇其、李光地、蓝理等都上疏陈奏，呼吁在直隶开河修闸，排泄涝水，改造洼地种植水稻，认为这是扭转南粮北运的“根本至计”。康熙四十三年（公元1704年）天津总兵蓝理曾采用军屯和民垦两种方式，于天津城南开垦沼泽洼地，修建圩岸，开挖贺家口引河和华家圈引河两条，引海河水和护城河水灌溉，形成“河渠圩岸周数十里”的规模，开成水田150顷[21]。清代大规模对海河流域进行规划治理是在雍正时期。

（一）雍正年间允祥等人的治水规划和营田水利

雍正三年（公元1725年），直隶70多州县遭受水灾，当时直隶共140州县，水灾州县超过一半以上。为了使灾民渡过灾荒，共发仓储粮70余万石进行赈济。这次严重的水灾，使雍正帝认识到“直隶地方，向来旱涝无备，皆因水患未除，水利未兴所致”[22]，故决定在直隶进行治水营田活动。十一月他命怡亲王允祥及大学士朱轼勘查直隶水利，进行水利规划。雍正四年春成立水利营田府，“命怡亲王董其事”。允祥上任后，选拔文安人侍读学士陈仪任水利营田职务，作技术总指导，“教令章奏皆出仪手”。允祥、朱轼和陈仪的水利规划思想主要体现在《敬陈水利疏》、《敬陈京东水利疏》和《敬陈畿辅西南水利疏》[22]中。

《敬陈水利疏》是允祥他们从京师出发，勘查京畿南部的顺天、保定、河间府所属州县，直至天津的水利状况后，提出的治水兴利规划。疏中主要阐述了汇集于天津出海的几条河流和淀泊的水利问题，及应采取的治理和兴利方案。

首先，治理方案抓住直隶水利的主要症结所在，即“直隶之水，总会于天津以达于海”。由于排泄不及，易泛滥成灾，为此需要治理。汇于天津的有三条经流：北面的白河（北运河）安然无恙，而南面的卫河、中间的淀河皆需治理。

其次，对卫河、淀河、子牙河、永定河等分别提出治理策略。

卫河上流“河身陡峻，势如建瓴”；下流“春多浅阻，一遇伏秋暴涨，不免冲溃泛溢”。建议开浚砖河、兴济河、宽河等减水河以排泄卫河涨水，及在青县原兴济河分水闸座处和静海县权家口接宽河处筑减水坝，修复白塘口入海处两座石闸，“涝则开闸放水，不惟可杀运河之涨，而河东一带积涝，亦得藉以消泄”；“遇天时亢旱，则引流灌溉，沟洫通而利溥”。并增筑卫河河堤以防泛溢。

东西二淀，跨雄、霸等十余州县，广袤百余里，直隶60余河之水，会于西淀，经霸州之苑家口会同河合子牙、永定二河之水，汇为东淀。故东西二淀“盖群水之所潴蓄也”。存在的问题是“各淀大半淤塞，惟凭淀河数道通流”，一遇暴涨，淀河旁溢为灾，上流诸水亦冲溢为灾。允祥他们认为“治直隶之水，必自淀始”，要将有水各淀疏浚深广，加修淀堤，并多开引河，使淀淀相通；其已淤为田畴者，四面开渠，筑成圩田，中穿沟洫，种植水稻。



子牙河汇合滹、漳河汹涌而下，流经长，河身狭，河床“淤垫高于平地”，易冲易泛。治理方法应于下流开浚清河、夹河、月河等河分流入淀，以缓奔放之势。

永定河，俗名浑河，特点是水浊泥多，河底逐年淤高，在水性就下的规律下迁徙改道无定。建议每年水退之后进行清淤。又为避免永定河泥沙淤积，应将入淀之口从东淀之西改道入淀的东北，于淀内修筑河堤，使河淀分开，这样河道、淀池都不能为患。

此外，再修筑各处冲溃的堤防，挑浚淤塞的河道。河淀淤地作成圩田，并在圩堤种树，以收利益。

《敬陈京东水利疏》中针对京东大河少，而支河泉水众多的特点，提出排泄不畅的河道，如凤河、凉水河、香河、蓟运河、浭水（还乡河）等采用开河分流，拓宽河道，增高堤岸等措施进行治理。还赞同运用“弃之则害，用之则利”的原则，建闸壅水，开渠灌溉。对玉田、丰润等背山带水，涌地成泉的地区，增辟农田，引河引泉灌溉，并对湖泊进行治理，以最洼处作为水柜，以济泉水之不足，稍高处修筑圩田进行开发。指出其余滦州等处可引灌的河流也甚多。认为京东土壤膏腴，甲于天下，人有遗力，地多遗利，可以大量兴修水利工程，开辟水田。

《敬陈畿辅西南水利疏》中认为畿西南诸河，位于畿南河淀之上流，“下流治，乃可以导上流之归；亦必上流清，乃可以分下流之势，此相须而不可偏废者”。首先阐述了上下流之间的影响关系。其次对畿西南众多河流，如巨马、三易水（濡、武、雹）、滱水、沙河、滋河、冶河、洨河、百泉河、野河、滏阳河等及其支流，分析它们的水势及已有引灌工程的状况，提出修复废堙工程，扩大灌溉效益的诸多措施。再次提出对南泊（任县泊）和北泊（宁晋泊）的整治计划，因为“此二泊固二十余河之委汇也”。采用疏浚、拓宽宣泄水口和河身的方法以消除积涝，又涸出之地，作小堤以绕之，多开斗门，疏渠种稻。并对“源远疏长，独行赴海，而善决、善淤、迁徙靡常”的滹沱河提出治理建议，即不再疏浚入宁晋泊古道，而开挑乾河，使滹水改流入滏，可避免淤塞宁晋泊。

以上三篇奏疏指出了海河流域巨川、支流、淀泊存在的水利问题，本着治水兴利的原则，提出采取各种工程措施，达到减轻水患，引水灌溉，增辟水田的目的。

此外，还制定了一系列水利营田的政策，从政策上鼓励官民从事水利营田。为解决畿南滏阳河上下游水利矛盾，将磁州改归广平府管辖，滏阳水利全由直隶统辖[23]，以平息争水矛盾。

雍正四年（公元1726年）秋，原定的规划工作初见成效。河道治理工程除京畿西南地区外，其他地区基本按原计划完工。营治稻田工程主要在京东地区进行，如玉田、迁安、滦州、蓟州等地官营稻田共150.83顷，而民间自行播种水稻的如安州（治今安新县西南）、新安（今安新县）、任邱、保定、霸州、大城、文安等共564.10顷[24]。

为了进一步在畿辅推进水利营田，雍正五年在营田府下分设京东、京南、京西和天津营田四局，下辖39州县和两场。自五年分局至七年，“营成水田六千顷有奇”[25]。据陈仪《水利营田册说》统计（包括雍正八年至十二年所营水田亩数），雍正年间京东局营成稻田1 141.95顷，京西局为2 266.17顷，京南局为1 917.51顷，天津局为487.43顷。民间营田占到营田数的43%以上。水田亩产稻谷三四石



及五、六、七石不等。见图4－5－1－1。

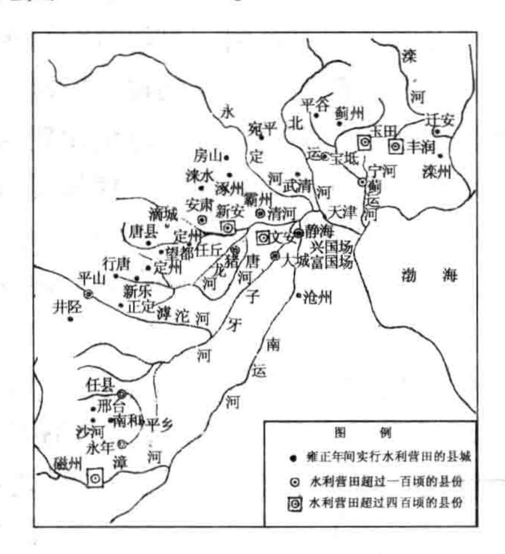


图4－5－1－1　清雍正年间畿辅水利分布图

雍正八年（公元1730年）五月，怡亲王因病去世，水利营田无人总领，“司局者无所称禀，令不行于令牧，又各以私意为举废”[25]。于是出现了“人亡政息”的局面，此年基本无营成水田的记录，雍正九年反而有532顷稻田改为旱田。之后设置京东、京西观察使二员，水利营田又稍有起色。雍正十年至十二年在丰润、玉田、霸州、天津、文安、大城营成1 380余顷水田，这些水田都是垦辟低洼沮洳之地而成。

不久，乾隆即位，罢营田观察使，将新旧营田，交各州县管理[26]。之后，如柴潮生、林则徐等人仍继续提倡经营京畿水利，发展水稻生产。

（二）乾隆年间柴潮生、道光年间林则徐的水利规划思想

乾隆八年（公元1743年），天津、河间二府大旱，受灾严重。九年，柴潮生上《敬陈水利救荒疏》[27]，认为灾患是不修水利之故，提出“徒费之于赈恤，不如大发帑金，遴遣大臣经理畿辅水利，俾以济饥民，消旱潦”。他提出了河间、天津二府兴修水利的方案：“除运道所关，及滹沱正流水性暴急，慎勿轻动，其余河渠淀泊，凡有故迹可寻者，皆重加疏浚。又于河渠淀泊之旁，各开小河，小河之旁，各开大沟：皆务深广，度水力不及则止。节次建立水门，递相灌注，旱则引水入沟以溉田，潦则放闸归河以泄水。其离水辽远之处，每田一顷，掘井一口，十顷掘大塘一口，亦足供用……”然后再次第兴修直隶各府水利。还批驳了“北土高燥，不宜稻种；土性沙碱，水入即渗；挖掘民地，易起怨声”的言论。

道光年间林则徐在其《畿辅水利议》中提出“开治水田有益国计民生”的观点，认为畿辅总耕地64万余顷，稻田不及2%，“直隶土性宜稻，有水皆可成田”，水田有发展潜力。他的规划意见是：“直隶八郡地势西北高东南下，而一郡之中又各有高下之异。今择其近水之处随宜经划，负山高仰之地可导泉引溉，则为陂为塘以备暵旸，滨河平广之地可疏渠引溉，则为闸为堰以齐旱涝，濒海近淀之地可筑围引溉，则为圩为堤以防漫溢，如是则水为田患者寡，水之不为田用者盖亦寡。”然而此时旱灾增多，兴修水利增开水田的设想更难以实施。直至清末，为解决军需粮秣，在天津一带才又兴办水利屯田，修渠建闸，挡潮蓄淡，发展稻田。到光绪七年（公元1881



年)，营成水田13万多亩，著名的小站稻就创始于这一时期。

三、明清海河流域水利规划和实践的特点

明清时期海河流域水利规划和实践活动大体具有以下几个方面的特点：

（一）主张以治水为重点，治水与治田相结合，力求发展灌溉水利

海河平原地势平坦，地面坡降一般为万分之一。流贯海河平原的五大河，即白河（北运河）、卫河（南运河）、永定河、大清河、子牙河同归于海河一线入海。加上夏秋降雨量过于集中，暴雨时期河水猛涨排泄不及，常常泛滥成灾。明代丘濬《大学衍义补》说："今京畿之地，地势平衍，率多洿下。一有数日之雨，即便淹没，不必霖潦之久，辄有害稼之苦"。徐贞明也说："今顺天、真定、河间诸郡桑麻之区，半为沮洳，由上流十五河之水，惟泄于猫儿一湾，欲其不泛滥而壅塞，势不能也。"[8]清代蔡新《直隶河图说》称：直隶"一省大小七十余泉（河），总会一处入海，宜其骤雨急涨泛滥横溢为民生患也"[28]。因此，明清时进行海河流域水利规划，皆重视河道、淀泊的防洪除涝工程。明代徐贞明曾"遍历诸河，穷源竟委，将大行疏浚"。清代雍正时开展水利营田，对直隶河道普遍进行了疏浚治理。仅清一代就对永定河进行过50余次治理活动，重视程度仅次于黄河。乾隆时多次兴大工程，对海河流域河道全面勘察，大力治理。如乾隆四年、九年、十六年、二十六年大水后，都对河道进行浚治，其中乾隆四年查直属地方田中积水以及河渠堤埝应行疏浚修筑者达93州县，共计工程523处[29]。经以上四次治水后，水道通利达数十年。

对海河流域的水害应如何治理，明代万历时徐贞明提出以兴水利达到除水害的办法。当时御史苏瓒进一步建议说："治水与垦田相济，未有水不治而田可垦者。"[8]提出了"治水与治田"相结合的策略。徐贞明采纳此建议进一步发展了治水兴利的思想，在京东州邑如密云、蓟州、遵化、丰润、玉田，东西100余里，南北180里的范围里疏浚河道，治水垦田，开发水泉资源，扩大水田面积。

雍正时畿辅进行水利营田，也采用了治水与治田并重，治水为营田服务的水利指导方针，即将防洪、排涝、洼地利用与营田事业结合起来进行。雍正三年（公元1725年）允祥、朱轼在实地勘查河道后，对京东、京西、京南地区治水兴利做出全面规划，按照大且急工，次第兴修，"三四年之间，河流顺轨"，积涝减轻。同时为解决稻田灌溉用水，因地制宜，广辟水源。除永定河汹涌浑浊，南北运河系漕运所重，不能利用外，其他大小河流近20条都被得到利用，还大量引用泉水、淀水、潮水等，几年之间营成稻田6 000余顷。

（二）全面规划，因地制宜，采用多种水利工程形式

海河流域大部为坦荡的平原。平原西部、北部属太行山和燕山山麓平原，地形缓斜，土壤肥沃，河泉水源充足，灌溉排水便利；中部平原地势平坦，淀泊洼地甚多，排水不畅，地多盐碱；东部滨海平原沿渤海分布，海拔仅数米，地下水位高，土壤盐碱化严重。西北为山间盆地，有桑干河、洋河穿过，引水灌溉较为方便。明代徐贞明已提出分区兴修水利的规划性意见。清雍正年间怡亲王允祥所作畿辅水利规划更为全面详细。他实地查勘，"前后往返三月余，而于直隶地方，东西南三面数千里之广，俱身历其地，不惮烦劳，凡巨川、细流，莫不穷源竟委，相度周详，且因地制宜，准今酌古，曲尽筹划，以期有益于民生"[30]。由于事先作了较全面的

调查规划，所以治理工程效果良好。

明清时海河流域的农田水利，因不同区域的地势、水文等地理因素的差别，采用的水利工程因地制宜，形式多样。清代朱云锦在《潞水客谈》“后”简述徐贞明、怡亲王兴修畿辅水利的历程后说：畿辅水利“大约径流可用者少，故滏阳桑乾用于上流而不用于下流，支流则为闸坝用之，淀泊则为围圩用之，水泉则载之高地分酾用之，沿海则筑堰建闸蓄清御咸用之”。林则徐《畿辅水利议》也对直隶八郡依地势高下，水资源状况的不同，提出了不同的水利工程措施。明清时在京东和天津低洼滨海地区，开减河疏泄洪涝水，修筑堤岸堰闸，发展围田，种植耐淹、耐盐碱的水稻。在太行山和燕山山麓平原修渠建闸引用河水，还大量利用泉水及凿井取地下水灌溉。在中部平原浚河筑堤，治水筑围。还在西北山间盆地开渠引河泉灌溉，及引浑河淤灌。

（三）兴修水利，努力扩展水稻种植面积，但发展起落波动颇大

明清时在畿辅进行水利规划，治水垦田，重点是为了发展水田，以减少东南漕运量，甚至将此事视为“经国大计”、“国家根本大计”来实施。通过兴修水利工程，开发利用水资源，扩大了水稻种植面积。京东和天津滨海地区是重点经营的地区，通过治水筑围，引用蓟运河、海河潮水等灌溉及洗盐改土，水稻事业颇有发展，积累了较丰富的经验，为后代水稻的发展打下了基础。太行山和燕山山麓平原灌溉条件较好，水稻发展较为稳定。中部低洼淀泊地区水稻种植面积也有较大发展，甚至西北山间盆地也开始引水植稻。然而海河流域种植水稻受该地区自然、社会条件的制约，所以发展时起时落。

影响海河流域水稻发展最主要的因素是水资源不足。该地区年平均降雨量不到600毫米，春季降雨稀少甚至不降雨，此时正值育秧和插秧季节，给水稻种植带来困难。海河流域不仅年内降雨分布极不均衡，而且年际间的降水量变化也大，丰、枯年降水相差5~6倍，丰、枯水年还交替出现。以近510年（公元1470~1979年）为例，公元1470~1540年、公元1615~1644年、公元1670~1699年、公元1763~1817年、公元1918~1952年、公元1965~1979年多旱灾；公元1541~1614年、公元1645~1669年、公元1700~1762年、公元1818~1917年、公元1953~1964年多涝灾[31]。形成多水年份水稻种植面积扩大，少水年份水稻种植面积缩小的现象，不能稳定发展。对此人们逐渐有所认识。明代徐光启说：华北“可为水田者少，可为旱田者多”[32]。清雍正时营成数千顷稻田，到乾隆二年就因“春夏间雨泽愆期，各州县水田多未种植”[33]。所以《清史稿》卷一二九《河渠志四》说：雍正营田“后因水力赢缩靡常，半就堙废”。乾隆九年柴潮生说：“今第为之兴水利耳，固不必强之为水田也。或疏或浚，则用官资，可稻可禾，听从民便。”[34]光绪十六年（公元1890年）李鸿章分析畿辅兴水田之事说：“直隶水田之利，不独地势难行，即天时亦南北迥异。春夏之交，布秧宜雨，而直隶彼时则苦雨少泉涸。……以近代事考之，明徐贞明仅营田三百九十余顷，汪应蛟仅营田五十顷，董应举营最多，亦仅千八百顷，然皆黍粟兼收，非皆水稻。……雍正年间，怡贤亲王等兴修直隶水利，四年之间，营成稻田六千余顷，然不旋踵而其利顿减。九年，大学士朱轼、河道总督刘于义，即将距水较远，地势稍高之田，听民随便种植。



可见直隶水田之不能尽营，而踵行扩充之不易也。”[35]畿辅地区的生态环境决定了水稻分布少且分散，而以旱作物为主的种植结构。加上当时封建社会的局限性，发展水田事业受到种种干扰。此外，北方农民习惯种植旱作，对水稻种植技术生疏，故出现“天时地利土俗人情，与夫牛种器具之实有未便”[36]。明清海河流域的实践说明，畿辅地区要发展水稻生产，应以开辟水源，修建灌溉工程为先导，同时还要解决低洼地的洪涝问题[37]，并随来水量多寡的变化，采取相应的调整措施。总之要根据实际的水资源状况规划灌溉工程和水稻生产，努力整治水土，采用节水灌溉技术，从而使当地有限的水资源得到合理利用，以满足社会经济发展的需要。

第二节　黄河流域的治水兴利规划思想

明清时期，黄河上中游及其支流都有灌溉之利，但下游除引河水放淤固堤外，几无灌溉活动。当时黄河下游决溢和改道频繁。据统计，明代的276年中黄河下游发生决溢130多次，清代的268年中发生决溢140多次，即两年决溢一次。所以黄河流域的治水兴利规划主要围绕着下游如何兴利及如何通过上游的治理，从而达到治理黄河减少下游水患的目的。

一、黄河下游治水兴利的规划思想

（一）黄河下游引水灌溉以治水除害的争论

规划黄河下游灌溉兴利而达治水目的的论说，首推汉代贾让“治河三策”中的中策，他主张在黄河下游多开支渠，旱时通过支渠灌溉，汛期分洪减水，可达“兴利除害，支数百岁”[38]的效果。明清时一些治河专家并不赞成此说。如明代刘天和称：“然自汉至今千数百年，尽中州大名之境率为河所淤，泥沙填委，无复坚地，而河流不常，与水门每不相值，或并水门而冲决淤漫之，浚治无已。所溉之地一再岁而高矣。”[39]潘季驯也同意此意见，还补充说：“矧旱则河水已浅，难于分溉。”[40]他们认为河流主流多变，河水冲溢多沙，难于引灌。

清代靳辅不完全同意上述看法，认为黄河水可以有限制地引流。他说：“至若曰，河流不常，与水门每不相值，或并水门淤漫之。夫（贾）让所谓水门，即今之闸坝涵洞也。河流虽不常，能淤漫，然即季驯治河，何以不废闸坝涵洞乎？又曰：旱则河亦浅，无可分溉。则又不然。盖贾让所云溉，亦止言冀州石堤三百里间耳。黄河挟万里之源，合秦、晋、豫三州之水而至冀，安得冀州一旱而河即浅？……（河）或尚可引渠而溉田，亦未可知。若今则但能开涵洞引黄以淤洼已善矣，安能通渠而引溉哉。然则为今之策，亦惟有择老土筑坚堤以束河，使不他徙，建闸坝、置涵洞以保堤，使不内溃而已。”[41]认为黄河下游引水主要利用浊水淤洼及减水保堤，能否灌溉还是其次。靳辅在《治河方略》卷二《闸坝涵洞》中说：涵洞其用有三：减水、淤洼、溉田，也是这一意思。

靳辅结合治黄修筑兴利工程还有一些具体的规划设想。他说：“臣于中河①之

① 运道自骆马湖凿渠，历宿迁、桃源（今泗阳县西南）至清河仲家庄出口，名为中河。凿中河是为了避黄河“百八十里之险”。



北，已拟有重河重堤之议。若重河已成，于堤北每二十里建涵闸一座，即于洞口开通河一道，自南而北通于沭。东西三百里，计置洞十五座，开通河十五道。共沭河狭浅之处，再辟而浚之，俾其纵横贯注，宣泄有路。此工一成，涝则大小相承，河洞互引，民田无淹漫之忧；旱则沟洫可蓄，车戽得施。不过数年，此周围千里沮洳之地当一变而尽为水田粳稻之乡。"[42]他还主张拓宽砀山、萧县以南的一条古河道，"由砀山东南出符离桥，直达灵芝等湖"，使这一带涝水有所归，"而民田尽出，久淤之地其利十倍"[43]。其技术思想是在治黄的同时规划治涝，通过开分水河和排水干河达到排涝防旱的目的，着重点仍在减水和治涝。

（二）放淤留沙以兴利的主张

黄河下游含沙量高，清代对利用淤泥的好处已有较清楚的认识。清代冯祚泰谈到留沙之利有四：地形卑洼藉以填高，利一；田畴荒瘠藉以肥美，利二；堤根埽址藉以巩固，利三；日淤日高以沙代岸，利四[44]。

（三）开河排涝和修筑圩围的主张

当时黄河的实际状况，自宋元黄河南徙夺淮，到明清时期黄河在淮北地区往复游荡，淤堵水系，黄、淮出路益为困难，造成淮徐海扬地区洪涝灾害日益严重。因此，这一时期的农田水利集中在疏浚排涝河道、筑堤防洪和低洼地区修筑圩岸捍水。如明嘉靖二十六年（公元1547年）给事中陈斐上疏，请仿江南水田法开江北沟以祛水患[45]。清乾隆十二年（公元1747年）两江总督尹继善上疏言："阜宁、高、宝诸地圩岸分年修治，务令圩外取土，挑浚成沟，量留涵洞，使旱涝有备。凤、颍、泗三属频遭水患，河渠次第开浚，而田间圩塍实与为表里，亦陆续兴修。俟有成效，推行远近。"此计划被批准执行。乾隆二十二年（公元1757年）六月，陈宏谋被任命为江苏巡抚，经过勘查，他见到淮徐海扬低洼地多被水淹，他规划了宿迁、睢宁、铜山（今徐州市）、安东（今涟水县）、沭阳、萧县、砀山及山阳（今淮安市楚州区）等州县需要疏浚的河沟，之后又规划了沟洫和圩围。乾隆二十三年，他在《淮北沟洫事宜示》[46]中说："淮徐海扬各属河道均已开通，诸水皆有去路，高下田地必得多开沟洫筑立圩围方可随地蓄泄，无虞旱潦。……一境内有开通之干河，近河田地有水可以直泄入河，隔远者不能俱入必须开一小沟以达干沟，其沟或就地势洼下，或向有旧沟古河或道路两旁小沟均可开通泄水入河。一附近原开通之大河则择其通流之处另开大沟……然后逐节开小沟以达于大沟。……如系湖荡不能筑圩围田者，仍留为蓄水，亦不必开沟泄水与水争地也。凡黄河滩地不可开沟筑圩。……一地土洼下或涸出湖荡则开沟以泄水，即以开沟之土筑为圩岸以作围田，每围自五顷以至二三十顷，不可太少费繁，其圩岸（高）三四尺不等，总期可以御水。一凡筑圩围均于圩根设立涵洞，旱则引水入田，潦则放水外出"。乾隆时龚元玠主张大力推广沟洫，他说："若果欲复沟洫，亦不必尽天下皆沟洫也。惟于河所经之省，陕西不必沟洫外，如河南省之巩县以东，阳武（今原阳县）、胙城（今延津县北）以北诸境，山东之曹（今荷泽县）、单、沂（今临沂县）、兖、东昌（今聊城县）、济宁诸境，江北之淮、徐、邳（今邳县北）、宿、海州、沭阳、盐城、阜城、高宝诸境，皆令其解事地方官，亲身相度。不必拘井田制，应为沟洫者，明白晓谕，令其为四尺之沟，八尺之洫，如有应为浍者，即令其为丈六之浍。



据实开报，弃地若干永免其税。”[47]黄淮下游开挖沟洫的功用主要还是排水。清代曾多次兴工开挖河道和沟洫，终因黄淮频繁泛溢，治理效果不显著。

二、黄河上中游治水兴利的规划思想

明清两代在下游投入大量的人力、财力治理黄河，然而黄河河床日益淤高，行洪能力减小，河患连年发生。长期的治河活动，使人们对黄河的水沙特性和规律有了较清楚的认识，提出从上中游地区普开沟洫蓄水减洪，治水与治田相结合的规划思想，我们可称之为“沟洫说”。还有提出治河不仅要治流，还要治源；不仅要治水，还要治沙，即从产生黄河水、沙的流域面上治起，形成“治水先治源”和“滞沙澄源”等规划思想，既可利于上中游兴利，又可减少下游黄河的灾患。

（一）“沟洫说”

明代周用首先提出这一技术思想。嘉靖二十二年（公元1543年），周用总理河道，负责治黄工作。他在上奏的《理河事宜疏》[48]中提出了这一主张。文中主要内容有：（1）论述了治河与垦田两者之间的关系。称:“治河、垦田，事实相因，水不治则田不可治；田治，则水当益治，事相表里，若欲为之，莫如所谓沟洫者尔。”认为治河与垦田彼此间有着相互制约、相互促进的关系，孤立地解决两者中的任何一个都不能取得成功，治水必须与治田（垦田）相结合。（2）认为治水、垦田的方法是普修沟洫。文中指出：大禹治水成功，“实大禹尽力沟洫之赐”，而历代治理黄河偏重堤防御洪，“大略塞之而已矣，沟洫之政无闻焉”。他特别强调沟洫的“容水”作用。“自今黄河言之，每岁冬春之间，自西北演迤而来，固亦未见大害。逮乎夏秋霖潦时至，吐泄不及，震荡冲激，于斯为甚。……且黄河所以有徙决之变者无他，特以未入海之时，霖潦无所容之也。沟洫之为用，说者一言以蔽之，则曰备旱潦而已。其用以备旱潦，一言以举之，则曰容水而已。故自沟洫至于海，其为容水一也。夫天下之水，莫大于河，天下有沟洫，天下皆容水之地，黄河何所不容。天下皆修沟洫，天下皆治水之人，黄河何所不治。水无不治，则荒田何所不垦。一举而兴天下之大利，平天下之大患！”周用规划在黄河流域（主要是上中游）普遍修建沟洫，利用沟洫的“容水”作用，起到滞洪减洪的效果，从而达到治水的目的。同时，由于大面积地修建沟洫，农田也得到治理，因而推动了垦田的进行。周用还进而提出普修沟洫要发动大家来进行，这样“天天皆修沟洫，天下皆治水之人”，就能平治河患这一“天下之大患”。周用将古老的“沟洫”付以新的功用，作为治河的重要技术措施来提倡，在治河的观念上有了重大突破：从着重下游河道的工程治理，扩大到全流域面上实施水土保持；由偏重堤防御洪转向滞洪减洪；由单纯治水转向兴利除害（把雨潦积聚在沟洫中为农田服务，变水害为水利）。“沟洫说”是以治河为目的来规划设想黄河流域沟洫系统的。

周用的主张得到同时代徐贞明、徐光启及清代沈梦兰等许多人士的赞同。

万历初徐贞明在《潞水客谈》一书中说：“河之无患，沟洫其本也。……今河自关中以入中原，合泾渭漆沮汾沁伊洛瀍涧及丹沁诸川数千里之水，当夏秋霖潦之时，诸川所经，无一沟一浍可以停注，旷野洪流尽入诸川，其势既盛，而诸川又会入于河流，则河流安得不盛，流盛则其性自悍急，性悍则迁徙自不常，因势所必至也。”

明末徐光启在《屯田疏》、《漕河议》[49]等文中多次赞同周用之说。徐光启谓：



“三夏之月，天雨时行，正农田用水之候，若遍地耕垦，沟洫纵横，播水于中，资其灌溉，必减大川之水。先臣周用曰：‘使天下人人治田，则人人治河也’，是可损决溢之患也。”他在《漕河议》中还提出只修建四通八达的行水沟洫是不够的，应增修陂塘蓄水。他说：“夫沟洫者，所以行水，非所以用水也。……禹之决九川，陂九泽，互为用者也。决者泄之以为利，陂者蓄之以为用也。……今欲治田以治河，则于上源水多之处，访古遗迹，度今形势，大者为湖濼，小者为塘泺，奠者为陂，引者为渠，以为储偫。而其上下四周，多通沟洫，灌溉田亩，更立斗门闸堰，以时蓄泄，达于川焉。”这一见解进一步充实了沟洫说。

清嘉庆年间沈梦兰著有《五省沟洫图说》一书，强调西北兴修沟洫治理多泥沙的黄河等的作用。他说：“沟洫之制，无地不宜，而西北为尤亟。西北地势平衍，而多散漫，河流飘劲，而多浑浊，自古称‘黄河一石水，六斗泥’，他如陕西之泾渭，山西之沁汾，直隶滹沱、永定等河，皆与黄河无异。故其涨也，则浑流汹涌，而冲决为患，其退也，则河泥滞淀，而淤塞为患。古人于是作为沟洫以治之，纵横相承，浅深相受，伏秋水涨，则以疏泄为灌输，河无泛流，野无熯土，此善用其决也。春冬水消，则以挑浚为粪治，土薄者可使厚，水浅者可使深，以善用其淤也。”他列举了在黄河流域五省兴修沟洫的“十五利”和“三便”，并作了具体的施工规划。他说：沟洫之法，先视通河以为川，次视支河小水及地形低洼便于疏浚省工力者，每距20里为一浍。川纵则浍横。除山泽城邑，及沙砾不可耕外，每距720步为一洫。每横距80步为一遂，纵距240步为一沟。皆经画标识之。合方20里造一册，田若干户，户若干亩，逐一注明。择其老成，众素信服者董司其事，不可假乎胥吏。岁十月，农业既登，开浚洫浍，深广如法。其土即堆两旁，以填涂道。人工按亩科计，田率人耕30亩，工率日挑200尺，十日而洫浍毕。次开沟洫，又十日而皆毕矣。如天寒冻早，沟洫明春开亦可。这是沈梦兰对于沟洫布置的一种设想，并未实地进行勘察规划。

可见，“沟洫说”的主要思想是通过大面积的沟洫治理，把雨水分散蓄积在田间，以达到利于农业生产，又解除黄河洪患的目的。因此“沟洫说”丰富了黄河上中游水土保持的理论，丰富了人们的治河思路。

（二）“治水先治源论”

“治水先治源论”由明代徐贞明提出。他在《潞水客谈》中指出：“水利之法，当先于水之源，源分则流微而易御，田渐成则水渐杀，水无泛溢之虞，田无冲激之患矣。”即首先从上游治起，然后及于下游。他主张在黄河上源：“沿河诸郡邑访求古人故渠废堰，师其意，不泥其迹，疏为沟洫，引纳支流，使霖潦不致泛滥于诸川，则并河居民，得资水成田，而河流亦杀，河患可弭矣。”即先在黄河诸支流上开渠引灌，“分杀支流”。因支流流微易于控制，且地势高，能自流灌溉农田，通过广大农田的“散水”，削弱河中水势，就不致造成下游决口泛滥了。这一主张所说的黄河诸支流地区，正是我国水土流失严重的黄土高原地区，“治水先治源”就是先治理上中游水土流失严重的丘陵山区，减少水土流失，其意义是深远的。

为了减少南方的漕运量，徐贞明强调在北方利用水资源修建水田。徐光启对此作了纠正。徐光启说，“北方之可为水田者少，可为旱田者多”，所以不能“只言



水田，而不言旱田"[32]。即上源治水应以发展旱田灌溉为主。这样，就使"治水先治源"这一思想更具有实际意义。徐光启还总结了一套"用水之源"的具体措施。河流发源之处多为丘陵山区，因此开沟渠、建堰坝、筑池塘、修梯田等，都是水土保持的有效措施。

清代一些人士也赞成"治水先治源论"。如沈梦兰在《五省沟洫图说》中说："河自孟津以上，禹迹未改，土厚水深，穿渠引河，有利无害。诚使山陕一带，遍开支渠，灌溉田亩，兼杀河势，洵数省之利也。"但他反对在孟津以下引河灌溉，"孟津而下，河流迁徙无常，自汉唐以来，堤防累累，河日高而土日薄，捍御不暇，遑言穿引哉"。他主张在黄河中上游修渠兴利兼治水，下游专重防御以治水。清代一般多持此观点。

（三）"滞沙澄源论"

"沟洫论"、"治水先治源论"，主要论述在黄河上中游采取"容水"、"分水"等措施减缓下游洪水的问题，但对如何解决下游泥沙未作论述。明清时期对黄河泥沙的主要来源地已有清楚的认识。清代康熙年间协助靳辅治河的陈潢，在其《河防述言·源流》[50]中讲到自己曾溯河而上实地调查过黄河，看到在宁夏灵武等处河水还不浑浊，而到了河南，黄河水就明显浑浊，"平时之水，沙居其六，一入伏秋，沙居其八"。于是得出黄河在中游挟沙量最大的结论。不足的是，他未提出对中游产沙的有效治理办法。乾隆八年（公元1743年），胡定总结黄河中游地区人民防治水土流失的经验，提出在黄土丘陵沟壑区的涧沟筑坝，拦住涧沟中的泥沙，只让清水流入河道的建议。《续行水金鉴》卷一一载有胡定之说："黄河之沙，多出自三门以上及山西中条山一带破涧中。请令地方官于涧口筑坝堰，水发，沙滞涧中，渐为平壤，可种秋麦。"胡定所指黄河的来沙区大体是正确的，要求涧沟上筑的坝即相当于现今的淤地坝，可以拦截泥沙，制止沟壑侵蚀，变荒沟为良田。所以胡定的论说极有见地，具有很大的实用价值。但这一建议未被采纳，以所谓"古未有行之者"为由竟被否定了。

总的来说，黄河流域的治水兴利规划主要以设想为主，实际施行的甚少，就是康熙年间从事治河工作十余年的靳辅，亦主要从事黄淮运的治理，他的兴利规划也因遭反对而作罢。但是明清时期出现的"治水兴利说"、"沟洫说"、"治水先治源说"、"滞沙澄源说"等毕竟丰富了黄河流域整体规划的理论，把治水与治田联系起来，把防洪除涝与灌溉联系起来，把发展生产与防治灾害联系起来，把水土保持与治理黄河联系起来，拓宽了人们的治河思路，启示人们治河须从流域整体进行治理，因此，这些论说是具有积极意义的。

第三节　太湖流域水利的规划思想和治水

明清时期太湖流域水旱灾害频繁。据地方志等资料统计，明代从1368年至1643年，在276年间，共发生水灾79次，平均3.5年发生一次；旱灾47次，平均5.9年一次。清代从1644年至1911年止，在268年间，共发生水灾73次，平均3.7年发生一次；旱灾49次，平均5.5年一次。从历史记载来看，明清水旱灾害



的频率超过历史上任何时期[51]。然而明清时期太湖地区是国家经济重心所在。如明天顺时全国税粮总数约为2 656万石，其中苏、松、常、镇、杭、嘉、湖七府税粮为586.3万石，占总数的22%[52]，清代情况类似。由于太湖地区经济地位的重要性，为了战胜水旱灾害，发展农业生产，所以明清时期对太湖水利的治理颇为重视，对如何进行治水也有不少规划性的建议，比较著名的有明代的夏原吉、金藻、归有光，清代的慕天颜、庄有恭等人。

一、明代太湖流域水利的规划思想和治水论说

（一）治水规划和论说

太湖下游地区《禹贡》书中已称有“三江”排水。三江一般指太湖下游的东江、松江（即吴淞江）和娄江。公元8世纪左右，东、娄两江相继堙塞，宋代时已只有吴淞江一条干流排洪，在吴淞江两翼，太湖的东北、东南方向各有36条港浦排泄潦水，减轻了吴淞江的排水负担。南宋初，东南方向海潮入侵强烈，沿海大片良田变为斥卤，遂将东南沿海诸港浦大部捺断，这样浙西平原的水只得先汇集于淀泖一带，再向北逆行，向东排入海。这时由于太湖出口被阻，海岸线延伸，地面沉降等原因，吴淞江逐渐淤狭。元末，吴淞江下游百余里范围内，几乎淤成平陆，旋浚旋塞，屡开无效。其时周文英指出：“因太湖水源有阻，江水势缓，潮泥积渐淤浅，又以江口河沙汇嘴至赵屯浦，相连七十余里，地势涂涨，日渐高平，此所谓海变桑田也，即非人力可胜。”[53]进入明代情况更加严重。因此，太湖洪涝水出路不畅成为流域最大的水利症结所在。

永乐年间夏原吉的治水方案和治水效果。明永乐元年（公元1403年），太湖流域遭受水灾，朝廷命户部尚书夏原吉赴苏、松治水。夏原吉经过调查勘察，出台了治水规划方案。他在治水疏略中称：“吴淞江旧袤二百五十余里，广一百五十余丈，西接太湖，东通大海，前代屡浚屡塞不能经久，自吴江长桥至夏驾浦约百二十余里，虽云通流，多有浅狭之处，自夏驾浦抵上海县南跄浦口可百三十余里，潮沙涨塞，已成平陆。欲即开浚，工费浩大，滟沙泥淤，浮泛动荡，尚难施工。臣因相视得嘉定之刘家港，即古娄江，径通大海，常熟之白茆港径入大江，皆系大川，水流迅急，宜浚吴淞南北两岸安亭等浦，引太湖诸水入刘家、白茆二港，使直注江海。又松江大黄浦乃通吴淞要道，今下流壅遏难疏，旁有范家浜至南跄浦口可径达海，宜浚令深阔，上接大黄浦以达湖泖之水，此即《禹贡》三江入海之迹，每岁水涸之时修筑围岸，以御暴流，如此则事功可成。”[54]阐明了“掣淞入刘”和开范家浜的治水方案。此方案实际参照了元末周文英及明初叶宗人两家之说。周文英主张弃吴淞江东段不治，而专浚治东北刘家港、白茆浦等以排水。叶宗人看到淀泖地区水流壅积，主张开浚范家浜导淀泖水由黄浦入范家浜注海[55]。夏原吉的方案根据水道形势实际的变化状况制定，着力于太湖东北、东面开浚入海干道，施工期短，花费不多，而效果显著。

首先，导淞入刘家港，使刘家港保持长达200余年广阔通利的局面。刘河在元时出现，经开浚后逐渐深阔，成为东北方向的出海主干。导淞入刘后，出海路线较径直，河道水量增加，水流迅急，其势更大。至明末天启四年（公元1624年），刘家港仍相当宽广，“阔者一二里，狭者亦不下百丈”[56]。直到崇祯末，刘河才出



现淤塞的症状。但此时黄浦已经扩大，成为排洪主流，刘河完成了这一时期的历史使命，从而转为以排涝任务为主了。

第二，范家浜的开浚使黄浦逐渐扩大。范家浜大略是从今外白渡桥至复兴岛东（即古南跄口）的河浦，上接黄浦。黄浦原来是吴淞江的支流，范家浜开浚后，就使黄浦直接入海。因黄浦上承淀泖湖群之水，淀泖地势最低，太湖下泄之水，先汇集于此，加上杭、嘉之水也注入黄浦，黄浦水域面积增加，清水来源多，在落潮时，有足量的清水冲淤。"以是流皆清驶，足以敌潮，虽有浑浊，不能淤也"[57]。这样黄浦得以自然扩大。范家浜未开之前，黄浦之广不及吴淞之半，范家浜开浚后，江口段由30余丈，至万历年间已扩大为二里余[58]。而吴淞江则愈益淤塞。所以夏原吉开范家浜，实际上是为太湖洪水找到一条新的出路。所以夏原吉治水得到人们的好评。清代黄象曦说："沈志（指沈岱《吴江水考》）云：此奏指画详明，议论纯正，洵经国大臣之言也。"[59]清人梅启照说：北宋以来，"治水有功者，以明夏原吉为最"。又说"开范家浜以导黄浦之水入海，虽一时多费帑金，而数世犹利赖之"[60]。

然而，一个水利规划方案很难做到十全十美，必有不足之处。另外，水流形势的变化复杂多样，也有人们预料不及之处。如导淞入刘使刘河变得广阔通利，但放弃吴淞江下段不治，其两岸支港因之淤塞，地区水排泄和引水灌溉问题不能得到解决。又原来吴淞江下段淤积严重，但中段情况较好，导淞入刘后，夏驾浦以下至黄渡这段淤积也迅速了。嘉靖二十年，巡按御史吕光洵谓："夏忠靖公开夏驾浦之水达于刘家港以入海，由是刘家港之势日涨，夏驾浦之潮反东注于吴淞，而黄浦之潮又复西迎停积以至于此。"[61]刘家港之潮与黄浦之潮在吴淞江互相抵撞，增加了吴淞江中段泥沙的沉积。另外，导淞入刘后，水量分散，水弱流缓，清不敌浑，使吴淞江下段更易淤塞。此外，东南沿海一带通海港浦仍然继续捺断，湖、秀二州之水要向东北纡行百余里出海。因此一些人又提出不同的治水方案。

成化年间金藻的"顺形势、正纲领"说。明成化年间金藻主张恢复古时"三江"。他的"顺形势、正纲领"之说得到一些人的推崇。归有光说："成化间，上海金藻论治水六事，曰：探本源，顺形势，正纲领，循次序，均财力，勤省视。其形势纲领之说，可谓深识东南之水势。今之有司，徒和开一浦一港，规规尺寸之间，而反为水之害者多矣。"[62]金藻的"正纲领"，就是说太湖下游水系要以三江为纲，以各级塘浦支河为网。他以白岘江、陈湖、急水港、淀山湖、烂路港、横潦泾，接黄浦东西向一段，再接闸港出海，以这一路为东江，开通此路，正东南之纲领。全线开浚松江，使松江通流，不使千墩浦等水横冲于松江，正东西之纲领。以刘河为娄江，开昆山塘、胥塘，上接太湖胥口，减弱新洋江潮势，不使横冲松江，正东北之纲领。所谓"顺形势"，他认为松江与黄浦是母、子之分，嫡、妾之分，黄浦排泄太湖水是形势不顺，称之为"黄浦窃权"。他反对当时有人认为黄浦是东江的说法，而只利用黄浦东西向的一段为东江，再从闸港出海。他认识到要恢复三江像古时那样宽广不可能了，提出在东南方面寻曹泾、金山卫、海盐县三条入海闸河，以泄嘉兴秀州塘等处接纳的湖杭之水，谓之南条，这样太湖南之形势顺了。修溧阳五堰，节九阳之水，浚宜兴百渎，以泄荆溪所受之水，则太湖西之形势顺了。



疏江阴、常熟等河港，排水入长江，复常州运河斗门14处，排泄夹苧干等渎之水，谓之北条，则太湖北之形势顺了。金藻此时离夏原吉治水约70年，黄浦将代替吴淞江，成为太湖排水的主流趋势才开始。金藻并未认识到这一趋势，仍要恢复古三江，尤其要恢复吴淞江排洪主干的地位，实际上是做不到的。但他能从纲网的关系，从全局着眼来规划治水，上、中、下游一体整治，这一思路是可取的。另外也启示我们要认真研究三江的变迁，掌握水道变迁的规律，探讨太湖出水的路线，以很好地解决太湖洪涝问题。

嘉靖年间归有光“专力于松江”说。嘉靖时归有光亦是主张以吴淞江为排水主干的正统论者。他在所撰《水利论》[63]中说:“余以为治吴之水，宜专力于松江，松江既治，则太湖之水东下，而余水不劳余力矣。”“诚以一江泄太湖水，力全则势壮，故水驶而常流；力分则势弱，故水缓而易淤。”他认为周文英论松江不必开，专治刘河之说，“亦可谓诡时达变，得其下策者矣”。他称赞金藻纲领之论，“实为卓越”。又指出《禹贡》所指三江为扬子江、松江和钱塘江，而张守节《史记正义》所注太湖“三江”——松江、东江、娄江，其实东江和娄江“皆松江之所分流”故“独治松江，则吴中必无白水之患。而从其旁钩引以溉田，无不治之田矣”。又认为宋单锷欲隔绝西来之水，不入太湖的认识是不全面的，“夫水为民之害，亦为民之利，就使太湖干枯，于民岂为利哉”。他提出治理的方法是：“然治松江必令阔深，水势洪壮，与扬子江埒，而后可以言复禹之迹也”。他反对别浚浦港的治水方案。认为太湖入海之道只有一路，即吴淞江，别浚浦港的后果是使松江日益淤塞缩狭，“与支流无辩”，或至“指大于股”，海口亦逐渐湮塞。认为“夫以江之堙塞，宜从其堙塞而治之，不此之务而别求他道，所以治之愈力而失之愈远也”。核心思想是要求“修禹之迹”和“复禹之迹”。但是当时水利形势在变，故水利方案也不能一成不变，而要因势利导，这样往往能取得事半而功倍的效果。夏原吉治水“掣淞入刘”和开浚范家浜等，施工较为容易，效果亦显，无疑是一较好的治水方案。以后事实表明吴淞江虽用力多，反而越浚越淤。而且太湖水利的主要问题是洪水出路愈来愈不畅，水灾多于旱灾，所以使上游来水减少入湖也不失为明智的策略。然而归有光议论中也有合理的方面，如反对滥围江湖淤积之地，与水争尺寸之利，人为加速江湖的湮塞，这一思想是可取的。

周凤鸣等开“三江”故道说。明代不少人的水利议中谈到要开“三江”故道排水，但所指多有不同。有人目吴淞、刘河、白茆为三江，周凤鸣等人主此说；有人目吴淞、刘河、东江（黄浦）为三江，林应训、吕光洵等人主此说。反映了他们主张浚治河浦的重点所在。

吕光洵、沈啓和顾炎武的太湖水利说。嘉靖二十三年（公元1544年）吕光洵在《修水利以保财赋重地疏》[64]中列有太湖水利五事：“一曰广疏浚以备潴泄，二曰修圩岸以固横流，三曰复板闸以防淤淀，四曰量缓急以处工费，五曰专委任以责成功。”不仅谈到工程的规划，还指出水利兴修要克服无长远计划，主持人临时委任等弊病。

嘉靖时沈啓在《吴江水考》中指出太湖水利的毛病为“上不节，中不分，下不利”，即要求采取“上节、中分、下利”的治水对策，从整个流域进行治理，所



论针对了当时的弊病，具有很强的实用意义。

明末顾炎武论太湖水利时说："案水利之说不一，而总其要不过三四端而已。其曰复溧阳之五堰、杭州之长河堰、常州之望亭堰，务使水不入于太湖者，此杀其上流之说也。其曰开吴淞江、刘家河、白茆、七丫诸浦，使水或南或北，并入于海，此决其下流之说也。于江河之旁，仿古人之迹，各分为塘浦，是又于下流而贯通之也。筑圩岸以围田，作堰以遏水，使之毕归于塘浦，而东去之水，自然满盈迅疾，所以为内之势也。置闸以限海水之至，使沙不入而水易出，所以为外之防也。是数者，尽之矣。"[65]简要地总结了前人的一些治水主张。但他更推崇归有光的主张，说："归氏之论尤为卓越。"

（二）明代治水措施

明代太湖流域水利治理活动频繁，采取的主要水利措施是：上游减少注入太湖的水量，筑堰坝节水；中游浚治湖水进出口，分流排水；下游着重疏浚吴淞江入海干流，兼顾东北港浦的浚治。而治理的重点是解决下游洪涝水的出路问题。

太湖水源主要来自西部茅山和苏、浙、皖界岭山地，及西南天目山地。明代太湖下游排洪干流吴淞江淤塞严重，为了减轻吴淞江的排泄负担，明代在太湖西部的胥溪上筑坝，以隔绝青弋江、水阳江流域及长江汛期之水。洪武二十五年（公元1392年）疏浚胥溪运河，在今东坝处建广通镇闸。之后因太湖下游水患严重，用吴人吴相五建议，废闸为坝，称为上坝，自此宣歙之水很少进入太湖。但坝犹低薄。正统六年（公元1441年）长江水泛涨，坝大决，苏、常一带遭受水灾，巡抚周忱召集民工重筑，并订立严格的坝规。正德七年（公元1512年）又增筑，坝高达三丈。嘉靖三十五年（公元1556年）在坝东十里许又筑一坝，称为下坝。因上、下坝都在高淳之东，故统称东坝。从此"两坝相隔，湖水（固城湖等）绝不复东"[66]。之后，直至清代都是坚筑上、下两坝。

此外，还开浚常州、江阴通江之浦，排泄溧阳、宜兴、金坛及运河之水，入于大江。

在太湖上流，明代筑有许多堰坝湖漾以蓄泄洪水。曹胤儒《水利论》称："太湖上流金坛、广德、乌程、归安、临安、余杭之间并有坝堰当以百计，各志可稽。盖使诸山之水潴而后泄……且视苏松水势之大小而启闭之。"沈啓《吴江水考》卷一《水源》谓："孝丰之坝三十七，安吉之坝三十六，武康之堰七十二，德清之堰九、湖一、浦一，归安之湖二、漾十，皆所以潴而后泄于太湖者也。"

太湖两大水源荆溪和苕溪，分别在宜兴和吴兴流入太湖，但进入太湖处的河道不是一条，历史上为了利用湖滩地，形成了宜兴百渎、吴兴七十四溇，是以多条溇渎分流进水的。沿湖开有横塘，与溇渎相通，塘岸即是湖堤。湍急的来水，通过"横塘纵溇"下泄，水势得到和缓，起急流缓冲的作用，使上流不致有漫溢之患。太湖东南湖滩地也开了溇港，即吴江十八港和震泽七十二港，这些河港与吴江运河和頔塘相通，以泄水为主（震泽七十二港进出约各半）。其中吴家港是太湖洪水的出水主港，湖水疾趋吴江长桥，再排入吴淞江。此外，太湖出水口还有吴县的胥江口、鲇鱼口、瓜泾口及无锡的梁溪口和沙墩口等。明代多次疏浚溇港和吴江长桥洞，修筑湖堤，以防止汛期洪水泛滥为灾。如正统间（公元1436－1449年）修吴



江塘路和长桥及苏州宝带桥；弘治七年（公元 1494 年）开宜兴百渎，又开浚长桥水窦及诸茭芦地；嘉靖二年（公元 1524 年）开浚吴江和宜兴两县沿湖港渎；万历五年（公元 1577 年）修吴江石塘，开吴江长桥南北涨滩，上达吴家港，接于太湖；崇祯八年（公元 1635 年）大修吴江石塘及长桥。

太湖洪水能否迅速通过下游河道入海入江，这是治理太湖水患的关键问题。明代治水工程大约有 10 次，往往都是在遭受大灾之后施工的。如明永乐元年（公元 1403 年）夏原吉治水，疏浚了吴淞江上段，从吴江长桥至夏驾浦 120 余里。下游段为滟沙游泥，难于施工，故开昆山夏驾浦、顾浦等导吴淞江水北达刘家港出海。又黄浦下游段上海浦淤塞，故开其旁的范家浜，上接黄浦，以泄淀泖湖群之水。之后，黄浦逐渐扩大，清代时成为太湖的泄洪主流，而吴淞江反倒成为它的支流。正统五年至十一年（公元 1440 ~ 1446 年）巡抚周忱又主持治理太湖水利，开挖吴淞江嘉定段北岸淤涨，疏浚浏河、白茆河等港浦。天顺二年（公元 1458 年）又派巡抚崔恭治水，疏浚了吴淞江中段，自夏驾浦开至嘉定庄家泾，下游段从新地开挖，东至吴淞江巡司，与宋家浜相接。这样吴淞江下游分成旧江、新江两支，新江渐成为正流，旧江则成为排涝河道。还在黄浦江东开挖曹家港，民称为“都堂浦”。成化八年、十年、弘治元年又三次浚治吴淞江中段。弘治四年至七年，吴中连年大水，七年（公元 1494 年）命工部侍郎徐贯主持治水，主要疏浚太湖出水口，及吴淞江、白茆港、大石、赵屯等浦，泄昆承湖和淀山湖水入江海。正德十六年（公元 1521 年）派巡抚兼工部尚书李充嗣治水，浚吴淞江中段，从夏驾浦至龙王庙旧江口，又开浚白茆港。嘉靖二年（公元 1523 年）林文沛督昆山、上海县开吴淞江淤浅处两段，其中一段开的是旧江，还督责各县疏浚港浦。隆庆二年（公元 1568 年），巡抚佥都御史海瑞疏吴淞江下流淤地，自黄渡至宋家桥长 80 里，形成吴淞江下游现在的河线。万历五年（公元 1577 年），巡抚御史林应训又浚吴淞江中段，自昆山县慢水港至嘉定县徐公浦止，还开浚白茆港中段及黄浦上流秀州塘、蒲汇塘等，淀山湖入黄浦水道开始疏浚[67]。

可见，明代水利工程多集中于太湖下游，着重疏浚吴淞江中段，在吴淞江下段开凿新河，亦注意太湖东北白茆港等的浚治，并开始疏浚黄浦上流水道。此外，结合骨干河道的浚治，塘浦圩区也多次进行浚河、筑圩、建闸工程。

二、清代太湖流域水利的规划思想和治水

（一）水利规划论说

清代太湖下游的水利形势，从排水干流来说，吴淞江淤塞仍是严重，刘家河自明末开始淤塞，清初淤垫日显，只有黄浦逐渐扩大。所以议论多将治水的重点放在吴淞江和刘家河方面。

康熙年间慕天颜“专力刘河”和吴淞江说。康熙九年（公元 1670 年）江苏布政使慕天颜在《疏河救荒议》[68]中称：“窃惟三吴治水无他术也，惟使太湖之水导入江海，而潮汐亦可上通以时蓄泄，则旱潦无虞。自三江堙塞震泽泛滥以田为壑，而苏松常湖杭嘉六郡受患日深。上年水患浵漫，四野流离。……吴淞江出海处已成平陆，工繁未可轻议，惟有专力刘河为第一急著。”主张先浚治容易施工的刘家河。他又分析了当时太湖排水的几条干流，一自淀泖从华亭之南折而东北入海者为



黄浦；一自吴江长桥历长洲昆山青浦嘉定至上海合黄浦以入海者为吴淞江；一自吴县鲇鱼口北入运河经郡城娄门上下雉渎抵昆山至和塘，东合新洋江，由太仓归刘家港入海者为娄河，即刘河也。当时连通刘河和吴淞江的夏驾浦、顾浦，以及盐铁、新洋诸港浦尽塞，“淞自为淞，娄自为娄”，所以“刘河虽开，止泄震泽半面之流，而汇纳于淀泖以奔涌淞江者仍未得宣通也”。认为再开顾浦等支河不如并力吴淞，要积极筹备工本“旋兴吴淞大工”。慕天颜的主张得到巡抚马祐的赞同，马祐遂上奏朝廷，被批准施工。

乾隆年间庄有恭疏浚“三江”说。乾隆二十八年（公元1763后）巡抚庄有恭上《奏浚三江水利书》[69]，他指出太湖水利形势，自明代永乐间别开黄浦，逐渐宽广深通，时已足当三江之一，亦可谓之东江。然三江分流交错，流经12个州县，只要有一节一港之塞，水势就要受阻。太湖出水之口不仅宝带桥一处有阻，如吴江十八港、吴县鲇鱼口、大缺口等处也多浅阻；又“入吴淞之庞山湖、大斜港、九里湖、淀山湖、溆浦向称宽深足资宣泄者，尔来小民贪利，遍植茭芦，圈筑鱼荡，亦多侵占”。他亲自至刘河勘查，认为“河形亦大非昔比”，苏州之娄门外河，河面仅宽三四丈不等，偶有雨潦，多所漫淹。他提出整治之法：“其运河以西，凡太湖出水之口，但就其有港可通，有桥可泄之处，为之清釐占塞，规仿旧额，务使分流得以迅速无阻。其运河以东三江故道，除黄浦为浙西水口，现在尚属深通，但于泖口挑除新涨芦墩三处，足资宣泄无庸大办外，其吴淞江自庞山湖以下，娄江自娄门以下，凡有浅狭阻滞处所，相度情形疏浚宽深，务与上源所泄之数足相容纳，其江身中段，一切植芦插簖及冒占水面之区，查明尽数铲除，嗣后严为之禁，则水之停蓄有处，传送以时，并即以挑河之土，俾令加倍圩岸。再将现有闸座为之经理，其有去海太近，建置非宜，难于启闭者，另为酌量改移，务令启闭得宜，足资蓄泄，庶浑潮不入，清水盛强，而海口之淤亦将不挑而自去。”阐述了“大干以三江为要”，将干流各节都疏通的规划思想，从太湖出水口，到江身各处，直至海口都要开通。特别指出要严禁侵占水面，铲除所有植芦插簖及冒占之区。

（二）清代治水措施

清代浚治工程仍着重开浚吴淞江，兼顾东北浏河等港浦的疏浚。大的治理工程有：

顺治十二年（公元1655年）太仓知州白登明开浏河60里，及其北支朱泾50里，排泄积水入海。

康熙十年（公元1671年）因上年大水，积水不消，巡抚马祐奏开浏河故道，自盐铁塘至航船港达海，共长5180丈；继浚吴淞江，自黄渡至黄浦，长11 850余丈。

康熙二十年（公元1681年）巡抚慕天颜浚白茆河，自支塘至海口，长43里。

雍正五年（公元1727年）又浚刘家港、白茆港、梅李塘、福山塘和吴淞江。

乾隆年间疏浚刘家港、白茆港各四次。二十八年（公元1763年）巡抚庄有恭还主持开挑吴淞江，黄渡镇处因江形较曲，民居稠密，乃另开越河。

嘉庆二十三年（公元1818年）巡抚陈桂生疏浚吴淞江，自黄渡至上海万安渡，长11 000余丈。



道光七年（公元1827年）巡抚陶澍又奏请大浚吴淞江，自井亭渡至曹家渡长10 800余丈。

道光十四年（公元1834年）巡抚林则徐大浚浏河、白茆港等。

同治十年（公元1871年）巡抚张之万主持挑浚吴淞江，自黄渡至新闸西，长9 000多丈[70]。

清代吴淞江整治虽然用力甚多，但出现了随浚随淤，淤积越来越严重，江身越开越小的局面。松江旧志称唐时江面阔达20里，宋时也阔9里。但到明隆庆三年（公元1569年）开挖的吴淞江下游就只阔15丈了。至光绪十六年（公元1890）再浚时，更变成宽仅10丈，深1.1丈的河段了。淤塞的原因：一是长江海岸线外伸迅速，使吴淞江河床比降变小，流速减缓，潮沙容易淤积。元末周文英称吴淞江口河沙汇嘴离赵屯浦70余里，明初夏原吉称吴淞江口南跄浦口离夏驾浦130余里（夏驾浦仅在赵屯浦西10里左右），可见海岸线增长迅速。二是水源减小，"掣淞入刘"及开挖范家浜，使大量水流分入刘河及黄浦，水分势弱，无足量的清水冲去潮泥，由是吴淞江海口段淤塞加剧。三是吴江塘路及东太湖形成的影响。唐元和五年（公元810年）筑吴江塘岸，宋庆历时增修，又作长桥（为木桥），元代又改为石桥，洞门狭窄，明后期石桥渐淤，只有三四洞门可通舟楫，出口水势减弱，吴江塘路两边淤涨迅速。淤涨亦使洞庭东山岛与陆地逐渐接近，至19世纪中叶，大缺口基本淤合，形成东太湖，湖水泄入吴淞江迂回势弱，这加速了吴淞江的淤积。四是盲目围湖围江，水流不畅，加速了河道的淤塞。

总的来看，明清时期太湖流域水利规划和治理的重点放在解决洪涝水的出路上，人们多主张以"三江"干流为布局进行排水，即以吴淞江为纲，东北、东南各有一江为辅排水。认为仅以吴淞或浏河一江排洪涝是不够的，这是因"太湖之水源多而势大，一口不足以泄之"[71]。黄浦、浏河二江也"不足以泄之"[72]。因东南淀泖湖群和东北阳城湖群既汇纳地区水，又转承太湖之水，故东南、东北分别要有一骨干河道排水。明清时治水亦兼顾上、中、下游的一体整治，治理活动频繁。据武同举《江苏水利全书》卷三三至三五统计，明代太湖流域水利工程达1 000余起，清代多达2000余起，工程包括平原浚浦筑圩和山区兴修塘、堰、坝。这些工程对保证农业生产的顺利进行作用甚大。然而由于自然环境的变化，当时社会和技术的局限性，治理的被动性较大。太湖治水甚为复杂，因此，明清太湖流域水利规划和治理的经验在今天仍有着重要的借鉴意义，值得认真研究。

参考文献

〔1〕清·林则徐：《畿辅水利议·总叙》。
〔2〕《元史》卷一八一《虞集传》。
〔3〕《元史》卷四二《顺帝纪》。
〔4〕《元史》卷一三八《脱脱传》。
〔5〕明·丘濬：《屯营之田》，《明经世文编》卷七二。
〔6〕明·徐光启：《农政全书》卷一二引。
〔7〕明·徐贞明：《潞水客谈》。



〔8〕《明史》卷二二三《徐贞明传》。

〔9〕明·袁黄:《宝坻劝农书》,林则徐:《畿辅水利议》引,为摘录。袁黄:《宝坻政书》中载有《宝坻劝农书》全文,因过长,本文未引,然意与此处同。

〔10〕乾隆《宝坻县志》卷一六。

〔11〕清·吴邦庆:《畿辅河道水利丛书·畿辅水利辑览》。

〔12〕明·左光斗:《屯田水利议》,载《畿辅河道水利丛书·畿辅水利辑览》。

〔13〕明·汪应蛟:《海滨屯田议》,载《畿辅河道水利丛书·畿辅水利辑览》。

〔14〕乾隆《天津县志》卷一一。

〔15〕《明神宗实录》卷三八六,《明史》卷二四一《孙玮传》。

〔16〕《明史》卷二四二《董应举传》。

〔17〕《明熹宗实录》卷四二。

〔18〕明·左光斗:《议开屯学疏》,《明经世文编》卷四九五。

〔19〕《明熹宗实录》卷二一。

〔20〕《明史》卷二四八《李继贞传》。

〔21〕《清圣祖实录》卷二四四;同治《续天津县志》卷七称开成水田二百顷。

〔22〕清·吴邦庆:《畿辅河道水利丛书·怡贤亲王疏钞》。

〔23〕清·吴邦庆:《畿辅河道水利丛书·怡贤亲王疏钞·请磁州改归广平疏》。

〔24〕清·吴邦庆:《畿辅河道水利丛书·怡贤亲王疏钞·各工告竣情形疏》。

〔25〕清·吴邦庆:《畿辅河道水利丛书·水利营田图说》,此原为陈仪《水利营田册说》,图为道光时吴邦庆补。

〔26〕《清高宗实录》卷二一乾隆元年六月。

〔27〕《皇朝经世文编》卷一〇八《工政十四》。

〔28〕《皇朝经世文编》卷一〇七《工政十三》。

〔29〕清·潘锡恩:《畿辅水利四案·二案》。

〔30〕清·吴邦庆:《畿辅河道水利丛书·怡贤亲王疏钞》清世宗谕。

〔31〕龚高法等:《黄淮海平原旱涝灾害的变迁》,载《黄淮海平原农业自然条件和区域环境研究》,科学出版社,1987 年。

〔32〕《农政全书》卷一二《水利》。

〔33〕《清高宗实录》卷五三。

〔34〕《清史稿》卷三〇六《柴潮生传》。

〔35〕《清史稿》卷一二九《河渠志四》。

〔36〕清·程含章:《复黎河帅论北方水利书》,《皇朝经世文编》卷一〇八。

〔37〕清·潘锡恩:《畿辅水利四案·二案》乾隆四年,“惟是营治稻田,多系近淀易于积水之区,今年六七月间,大雨连绵,如霸州、文安、大城、保定、天津等州县,虽高阜有收,而低田多被淹没”。

〔38〕《汉书》卷二九《沟洫志》。

〔39〕明·刘天和:《问水集》卷一《古今治河异同》。

〔40〕明·潘季驯:《河防一览》卷二《河议辩惑》。

〔41〕清·靳辅:《治河方略》卷二《论贾让治河奏》。

〔42〕清·靳辅:《治河方略》卷二《北岸水利》。

〔43〕清·靳辅:《治河方略》卷二《萧砀南河》。

〔44〕清·冯祚泰:《治河后策》下卷《沙宜留》。

〔45〕《续文献通考》卷三《田赋三》。

〔46〕清·陈宏谋：《培远堂偶存稿》卷四三。

〔47〕清·龚元玠：《黄淮安澜编·复沟洫论》。

〔48〕《明经世文编》卷一四六。

〔49〕《明经世文编》卷四九〇、四九一。

〔50〕清·靳辅：《治河方略》附。

〔51〕汪家伦：《古代太湖地区的洪涝特征及治理方略的探讨》，《农业考古》1985年第1期。

〔52〕梁方仲：《中国历代户口、田地、田赋统计》，乙表43、54。

〔53〕元·周文英：《水利议》，载明·归有光：《三吴水利录》卷三。

〔54〕明·张国维：《吴中水利书》卷一四《章疏》。

〔55〕《明史》卷二八一《叶宗人传》。

〔56〕清·顾士琏：《水利五论·附时务》。

〔57〕清·黄象曦：《吴江水考增辑》附编上，明万历五年林应训开江疏略。

〔58〕清·陶澍：《江南水利全书·历治黄浦叙录》。

〔59〕清·黄象曦：《吴江水考增辑》卷四《水议中》。

〔60〕清·王凤生：《浙西水利备考》光绪重印本梅启照序。

〔61〕明·沈啓：《吴江水考》卷五《水议下》。

〔62〕明·归有光：《三吴水利录》卷三。

〔63〕明·归有光：《三吴水利录》卷四。

〔64〕明·徐光启：《农政全书》卷一四《水利》。

〔65〕明·顾炎武：《天下郡国利病书》卷一五《江南三》。

〔66〕明·韩邦宪：《东坝考》，载《天下郡国利病书》卷一四《江南二》。

〔67〕以上见乾隆：《苏州府志》卷七《水利》；明·沈啓：《吴江水考》卷二《水治考》；雍正《江南通志》卷六三《水利》。

〔68〕同治《苏州府志》卷一一《水利三》。

〔69〕《清经世文编》卷一一三《工政十九》。

〔70〕以上见同治《苏州府志》卷一一《水利三》；光绪《松江府续志》卷七《水利》；武同举：《江苏水利全书》卷三五《太湖流域五》。

〔71〕清·柯耸：《江浙水利疏》，载嘉庆《嘉善县志》。

〔72〕明·吕光洵：《修水利以保财赋重地疏》，载《农政全书》卷一四《水利》。



第六章
水利人物和水利著作

明清时期各地为了改善地区水利条件，发展农业生产，兴修了众多的农田水利工程，其间不乏热心水利，努力改进工程技术，做出成绩的水利人物。此外，这期间因地区社会经济发展的需要，出现了不少用心探求流域和地区水利治理方略和悉心总结传统水利技术经验的水利专家。这样，就促进了水利著作的大量面世，地方灌溉水利著作、单项水利工程的专史和专志，以及农书中水利篇章皆大量增加，并流传至今，给今人留下了许多珍贵的水利文献。

第一节　水利人物

明清时期各地灌溉工程多由地方举办。省府州县行政长官都有督修河渠、沟防之责，正官下面分别有参政参议（清代为守道、巡道）、同知通判，州同州判，县丞等专管农田水利。主管屯田的官员亦负兴修水利之责。此外，明代在兴举工程时还临时设置水利专管机构和官员。各地在兴修农田水利工程中出现了不少热心水利、政绩显著的行政官员及精通技术的工程技术人员，其中不乏钻研水利规划和水利理论有所成绩的水利专家。

明代论畿辅水利并实践尝试者有徐贞明、汪应蛟等人。陕西巡抚项忠修关中引泾渠道广惠渠，成绩突出。还有宁夏巡抚金濂等修宁夏诸渠。巡抚杨博、巡抚都御史石茂华修甘肃河西古渠。修河内引沁灌渠的有纪诫、袁应泰。治理太湖水利的有夏原吉、周忱、崔恭、徐贯、姚文灏、李充嗣、吕光洵、海瑞、林应训、耿橘等；论太湖水利的有金藻、归有光等。浙江绍兴知府汤绍恩修三江闸。修江浙海塘的有王玺、黄光升等。还有引进西方技术，用心总结灌溉技术经验的徐光启等。

清代时兴修畿辅水利的有怡贤亲王允祥、大学士朱轼和陈仪。修新疆灌溉水利的有伊犁将军松筠和道光时谪戍伊犁的林则徐等。水利同知王全臣先后在宁夏和甘肃河西开凿灌渠，雍正时侍郎通智开宁夏惠农渠和昌润渠。治理太湖水利的有巡抚慕天颜、庄有恭、林则徐和总督陶澍等；论太湖水利并从事水利者有王凤生等。修四川都江堰有成都府水利同知强望泰、四川总督丁宝桢等，重修通济堰的有四川总督黄廷桂和眉州知州张兑。修云南滇池水利的有总督鄂尔泰、巡抚张允随和水利道副使黄士杰等。在12个省任过职的陈宏谋热心兴修各地水利。修江浙海塘的有浙江巡抚朱轼、方观承等。

明清时期最为突出的水利家为明代的徐贞明和徐光启，清代的陈仪等，以下着重进行介绍。

一、徐贞明及其水利思想

徐贞明，字孺东，一字伯继，江西贵溪人。明隆庆五年（公元1571年）进士，知浙江山阴县。万历三年（公元1575年），任工科给事中，上“水利”、“军



班”二议。其《水利议》的提出，首先是企图改变京师仰给东南漕运的局面。他说：“神京雄据上游，兵食宜取之畿甸，今皆仰给东南，岂西北古称富强地，不足以实廪而练卒乎？夫赋税所出括民脂膏，而军船夫役之费，常以数石致一石，东南之力竭矣。又河流多变，运道多梗，窃有隐忧。”[1]接着他指出解决的方法是，要兴修西北水利，发展北方的农业生产。他所指的“西北”，是当时流行的概念，包括今陕西、河南、山东、河北、宁夏、辽宁西南等地。他认为“西北之地，夙号沃壤，皆可耕而食也。惟水利不修，则旱潦无备”。“陕西、河南，故渠废堰，在在有之；山东诸泉，可引水成田者甚多。今且不暇远论，即如都城之外，与畿辅诸郡邑，或支河所经，或涧泉所出，皆可引之成田。……今顺天、真定、河间等处，桑麻之区，半为沮洳之场。……今自永平滦州，以抵沧州庆云之境，地皆萑苇，土实膏腴。”他辩证地提出：“北人未习水利，惟苦水害，而水害之未除者，正以水利之未修也。”[2]他采取的兴利除害方法是：于河流上游开渠灌田，削弱水势，下游多开支河，分泄暴涨，淀泊低处留以蓄水，稍高处筑圩成田，从而达到水利兴、水患除的效果。他赞成元代虞集“欲于京东濒海地方，如浙人筑塘，捍水成田”，开发滨海地区农业的建议。认为用此法，“北起辽海，南滨青齐，皆可成田，有不烦转漕于江南而自足者”。推行水利的步骤，“特命宪臣实心为国为民者，假以事权，不沮浮议，需以岁月，不求近功，将畿辅诸郡，及京东濒海水利，相度土宜，率先修举。或抚穷民，而给其牛种，或任富室，而缓其科税，或选健卒，而分建屯营，或招南人，而许其占籍。……俟行之稍有成绩，次及山东河南陕西等处地方”[2]。此议上疏之后，工部尚书郭朝宾则以水田劳民，请缓执行，朝廷遂未允行。

不久，徐贞明因它事贬为太平府知事。途中行至潞河，终以前议可行，乃著《潞水客谈》[3]（亦称《西北水利议》），进一步阐述兴办京畿水利的战略意义和实施措施。文中列举兴西北水利有“十四利”：

一利：“西北之地，旱则赤地千里，潦则洪流万顷”，惟有水利兴而后旱潦有备。

二利：京师财赋取之于东南，“近废可耕之田，远资难继之饷”，水利兴，“则田畴之间，要皆仓庾之积”。

三利：“东南转输，每以数石而致一石，民力竭矣”，西北兴水利，“东南民力，庶几获甦”。

四利：“河之无患，沟洫其本也。”黄河从关中以入中原，汇纳诸川数千里之水，无一沟一浍可以停注，故流盛而性悍急，易迁徙不常。“今诚自沿河诸郡邑，访求古人故渠废堰，师其意不泥其迹，疏为沟浍，引纳支流，使霖潦不致泛溢于诸川，则并河居民，得水利成田，而河流渐杀，河患可弥矣。”

五利：西北之地，平原千里，敌骑得以长驱。“若使沟洫尽举，则田野之间，皆金汤之险，而田间植以榆柳枣栗，既资民用，又可以设伏而避敌。”

六利：西北之境，土旷而游民多，“诚使水利兴而旷土可垦，而游民有所归，消衅弥乱，深且远矣”。

七利：东南之境，人多地狭，“今若招抚南人，修水利以耕西北之田，则民均



而田亦均矣”。

八利：西北徭重，“使田垦而民聚，民聚则赋增，则北徭可轻”。

九利：沿边诸郡，时有转输不能及时供军的情况发生，“惟近边田垦，转输不烦”。

十利：天下浮户依富家为佃客，可招募之，“募农以修水利，修水利以举屯政”。

十一利：塞上之卒，土著者少，边塞修水利，举屯政，“田垦而人聚，人聚而兵足，可以省远募之费，可以苏班戍之劳，可以停勾补之苦”。

十二利：宗禄浩繁，势将难继，西北旷地，官为开垦，再授田于宗族作为生计，以解决宗禄难以为继的问题。

十三利：于西北空闲之地，修举水利，可仿古井田制分田于民。

十四利：以井划地，“使民与地均，如古比闾族党之意，则教化可兴而俗尚自美”。

以上“十四利”阐述了在西北兴水利，可起减除旱涝灾害，发展北方农业生产，减少东南漕运，改变东南赋重民困的状况，还有利治河、防敌、安置游民，均民均田，就地供应边军，举办屯政，补足兵员，改变俗尚等许多有利国计民生之事。

兴修水利的步骤，他计划应先行之于水土资源条件好的京东地区举行，继而推行于北方。他在《潞水客谈》中详细列举了京东各州县，如密云、平谷、三河、蓟州、遵化、迁安、卢龙、抚宁、丰润、玉田等州县土地膏腴而被旷弃之区，及可引水灌溉的河泉湖淀，认为利用当地“负山控海”，即泉水多、滩涂多的条件，则易于兴修水利，开垦成田。“盖先之京东数处，以兆其端，而京东之地，皆可渐而行也。先之京东以兆其端，而畿内，而列郡，皆可渐而行也。先之畿内列郡，而西北之地，皆可渐而行也”。“在边陲，则先之蓟镇，而诸镇皆可渐而行也。至于濒海，则先之丰润，而辽海以东，青徐以南，皆可渐而行也。”通过京东数处试验后，再逐渐推行于西北，大体十年可获得成功。

对于解决西北水害的方法，徐贞明提出著名的“兴水利除水害”的技术思想，即“水……聚之则害，而散之则利；弃之则害，而用之则利”。他还认为北方兴修水利易于南方，一是北方多平原，“稍一疏引，水即为利”。有些地方如京东，“山之涌泉，溢地而出；河之支流，等地而平”。而南方地形高下悬殊，疏引困难。二是“东南濒海，岁多潮患”。而“辽海以及青徐，有海之饶，而鲜潮之患”。所以开发滨海地区易于东南。

对于当时水利北废而南兴的原因，他认为是“水利修废，由于人之聚散，而旋转之机，上实握之”。北方由于战争，中原生齿渐耗，而东南则民日聚而利渐兴。然而明兴以后已有200余年太平日子，“西北生齿，日渐繁夥，而东南之民，争附于辇毂之下”，所以已具备了兴修水利的人力条件，兴修之权则决定于皇上。

针对北方灌溉兴修后易被水冲毁的问题，他提出了因地制宜、因势利导的规划原则。“夫利水之法，高则开渠，卑则筑围，急则激取，缓则疏引。其最下者，遂以为受水之区，因其势不可强也。”并强调“然其致力，当先于水之源，源则微而易御，田渐成则水渐杀，水无泛溢之虞，田无冲激之患”。



对于西北兴修水利的组织管理问题，徐贞明提出：一是由地方官主持，选择合适兴修水利之处，“暂出官帑，募愿就之民，经略其端，以示倡率之机，使民灼然知水利可兴，则必有竞劝而争先者，庶令不烦而事自集”。不主张增设劝农水利官，以免扰民。二是仿元代虞集的办法，由富民承垦，依垦田的成绩，给予经营者相应的官衔。大体就是采用官营和民营两种方法。

徐贞明在《潞水客谈》中进一步论证了兴修西北水利的必要性、可行性、实施步骤、技术方法和经营措施，充分阐明了他的西北水利思想。

徐贞明的论说得到一些官员的赞同和支持，顺天巡抚张国彦、副使顾养谦参照徐氏所说，于蓟州、永平、丰润、玉田等地治水垦田，取得很好的成效。及徐贞明还朝，御史苏瓒、徐待力言其说可行，给事中王敬民又特地向朝廷推荐。万历十三年（公元1585年），授徐贞明为尚宝司少卿，督治京畿水利。他实地到京东州县踏勘，“相原隰，度土宜，周览水泉分合”，制定治水垦田计划及政策措施。户部尚书毕锵采其疏订为六条：“地宜稻者以渐劝率，宜黍、宜粟者如故，而不遽责其成”；“召募南人给衣食农具，俾以一教十”；“能垦田百亩以上，即为世业，子弟得寄籍入学”；“其卓有明效者，仿古孝弟力田科，量授乡遂都鄙之长”；“垦荒无力者，贷以谷，秋成还官，旱潦则免”；“郡县民壮，役止三月，使疏河芟草，而垦田则募专工”。这些政策措施被朝廷批准，下到郡县执行，官员垦田勤惰由徐贞明举劾。九月，任命徐贞明兼监察御史，领垦田使。他先到永平（治今卢龙县），招募南人指导治水垦田。经过一个冬春的经营，到次年二月，垦田39 000余亩。[1]

正当徐贞明准备大力疏浚京畿河道，全面推行营田之时，因侵犯了占有大量荒地的北方权贵豪强的利益，他们的代表御史王之栋上奏言水田必不可行，且陈浚治滹沱河不便之处十二条，“而中官在上左右者多北人，争言水田不便”[4]。明神宗信以为真，遂“谕令停役”。阁臣申时行力陈反对派的谬误，并提出“请罢开河，专事垦田”的建议，工部亦同意此意见，但神宗终罢之，还欲追罪建议者，因阁臣言而止。于是“贞明得以无罪，而水田事终罢”[5]。徐贞明还故官，不久请假归居，万历十八年（公元1590年）卒。

从徐贞明的奏疏和著作，可知他的水利思想大体包含以下几方面内容：一是认为兴修西北水利有重大社会经济意义。通过兴修水利，可开垦北方大量荒废土地，发挥潜有的地利，促进农业生产的发展，就近解决京师及北边军队的粮食供应，同时缓解对东南漕运的依赖，减轻江南的重赋负担。二是提出明确的水利规划原则和要求。如通过兴水利达到除水害的目的；因地制宜，因势利导全面规划水利工程；治水先治源，引水灌溉工程宜布设在河流上游；治水与治田相结合，治理黄河水患与开发农田水利相结合。兴修水利要分步骤实施，在京东成功后再逐步向西北推广等。三是制定正确合理的实施政策，以解决资金、人力、技术问题，调动各级官员和百姓的积极性，做到不扰民，使治水垦田能持续地进行。

徐贞明兴修畿辅水利的议论“尤详核切实”[6]。虽然治水垦田初见成效即被扼杀，但他的水利主张和实践活动备受后人重视。《明史》本传评价说：“贞明识敏才练，慨然有经世志，京东水田实百世利，事初兴，而即为浮议所挠，论者惜之。”雍正《畿辅通志》卷四六《水利营田》称：“雍正四年春，怡贤亲王奉命查



修水利，遍历诸邑，陟巘降原，寻泉觇上，以贞明之言为信而有征，遂奏请委员营治为农民倡，至今丰润、玉田之间，人犹食其利。”

二、徐光启及其水利思想

徐光启（公元1562—1633年），字子先，号玄扈，上海人。生于明嘉靖四十一年（公元1562年），万历二十五年（公元1597年）考中举人，七年后又考中进士。先在翰林院、詹事府和礼部任职，崇祯二年（公元1629年）以后，先后升任礼部左侍郎、尚书、内阁大学士。崇祯六年（公元1633年）去世。徐光启是明末杰出的科学家，“习天文、兵法、屯垦、水利诸策，旁及工艺数事，学务可施于用者”[7]。他担任官职期间，接触了意大利传教士利玛窦（Matteo Ricci，1552—1610年）等人，他出于爱国热忱，刻苦学习西方科学技术，并向国人介绍，译有《几何原本》、《泰西水法》、《测量法义》、《测量异同》、《勾股义》等科学著作。他也十分重视研究我国丰富的科学文化遗产，亲自实践研究，极力把中西科学融会贯通起来，在天文、历法、数学等科技方面取得许多成就。但平生钻研最多，影响最广的，则是对农业和水利的研究。

徐光启所处的时代，正是明王朝濒于崩溃的前夕，政治腐败，社会动荡，经济凋敝，水利失修，灾害频仍，外患时生。徐光启关心国计民生，他认为“富国必以本业，强国必正兵”[8]。本业即农业，只有农业才是“安国家而厚苍生”[9]的根本，而“水利者，农之本也，无水则无田矣”[10]。因此，他十分重视农田水利，钻研水利文献，总结历史经验，形成自己的水利技术思想。徐光启的水利思想，主要集中反映在他的代表著作《农政全书》中。《农政全书》共60卷，50余万字，分为农本、田制、农事、水利、农器、树艺、蚕桑、蚕桑广类、种植、牧养、制造、荒政等12大类。其中水利共9卷，10余万字，相当于全书五分之一篇幅，主要内容有总论、西北水利、东南水利、浙江水利、海塘和滇南水利、旱田用水疏、灌溉机械图谱、水力机械图谱、泰西水法等。在古代农书中，如此全面叙述水利，把水利放到重要位置，是从没有过的。

徐光启首先提出要“能用水”、用好水的主导观点。水在自然间，“弃之则为害，用之则为利”（《农政全书》卷一二）。“盖天地之间，无一处不宜兴修水利者。”[11]通过工程设施，除害兴利。如果治理得法，利用得当，“天下无一寸不受水利之田”。苏、松、常、杭、嘉、湖六郡讲究水利，负担着全国半数的赋税，如果“天下之水利修，皆可为六郡也”[12]。他在《屯田疏·用水第二》中说：“能用水，不独救旱，亦可弥旱。灌溉有法，瀸润无方，此救旱也；均水田间，水土相得，兴云歊雾，致雨甚易，此弭旱也。能用水，不独救潦，亦可弭潦。疏理节宣，可蓄可泄，此救潦也；地气发越不致郁积，既有时雨，必有时旸，此弭潦也。不独此也，三夏之月，天雨时行，正农田用水之候，若遍地耕垦，沟洫纵横，播水于中，资其灌溉，必减大川之水。……故用水一利，能违数害，调燮阴阳，此其大者。……是故水能为利，亦能为害，不善用之则为害，善用之则为利。”“能用水”起到救旱、弭旱、救潦、弭潦、减大川水等作用，用水还要讲究“用水之术”，通过各种水利设施善用之，才能除害兴利。

第二，对北方水利和南方水利提出不同的治理方法。我国幅员辽阔，南北自然

条件有异，徐光启主张因地制宜，采取不同的治水兴利措施，其着重在兴西北水利和东南水利。

徐光启赞成丘濬、周用、徐贞明等人大兴西北水利的见解，反对当时一味依赖东南漕运的做法，认为“东南兴之，西北漕之，费水二而得谷一”[13]，经济上很不合算。他大声疾呼：“漕能使国贫，漕能使水费，漕能使河坏。”主张优先开发西北水利，“水利莫急于西北，以其久废也。西北莫先于京东，以其事易兴而近于郊畿也”[10]。《农政全书》卷一三也说：西北水利，“今于畿辅最急”。因此，徐光启先后上奏了《漕河议》（公元1605年）和《垦田疏》（公元1630年）等，阐述实施西北水利垦田的政策措施和水利技术思想。

在《漕河议》[13]中提出了黄河流域的治水方针，应治水与治田相结合。他说：“禹之治水也，非在其疏瀹……禹之治水功在治田也。”“治田者，用水者也；用水者，必将储水以待乏者也。水之用于田也多，水之储以待用于田也又多。”建议大兴田间沟洫工程，恢复和发展古代的沟洫水利①。通过整治土地，涵蓄雨水；兴修陂塘，就地拦蓄径流。“今举山陵原隰之水，尽驱而之于川，川又尽并而之于渎，时遇霖潦，安得无溢且决哉。”指出周用谓“使人人治田，则人人治河也”，“惜乎其法止于疏通沟洫耳”。徐光启则更强调蓄水于田间，蓄水于沟洫，蓄水于陂塘，化害为利，以达到治河利农的目的。此外，他认为许多大川都可以引灌，但决不能在黄河下游（温洛而下）决河引灌，“决黄河以治田，犹之乎揖盗也，故曰未可也”。用“决”字，说明黄河下游为地上河，难于控制，所以反对引该段河水灌溉。

在《垦田疏》[14]中，他提出：凡垦田，必须同时兴水利，原则上要求开成水田种稻，方准作数；如开垦成旱田，必须要有灌溉设施，或者四周筑有围岸，可以捍水救潦，做到水旱无虞，然后才准折成水田亩数。开挖的沟渠占田亩的比例也作了要求。他说：“凡实地种水田，须多开沟浍，作径畛，费田二十分之一以上，方为成田。近大川者，减三之一，宁可过之，无不及焉。”“旱田通水灌溉者，即古人井田之制，损地愈多，其田愈沃。今定准折之数，除有见成河沽泉溪洵泊之外，其以实地开作沟渠塍岸者，每百亩损田十亩，则准水田百亩；损田五亩，准作五十亩；损田三亩，准作三十亩；损田二亩，准作二十亩；二亩以下不准作数。”即水田区沟浍径畛要占田5%以上，旱田区沟渠塍岸要占田10%以上。如有开河渠、造闸坝等大工程，经勘实发挥效益者，费银1 000两，准作水田1 000亩。总之，所垦水田、旱田都要建成水利田，并且要有高标准的水利设施。

对于京畿地区，即海河流域的水利徐光启尤为重视。他建议开垦京东滨海之地，指出玉田县有多处适宜屯垦之地，怀柔县髽髻山下，可作水田百顷。还在徐贞明所说“自水道沽关黑崖子墩起，至开平卫南宋家营之地，东西度之百余里，南北度之百八十里，皆隶丰润，其地与吴越濒海之沃区相等”语句下，徐光启加按语谓：“此田成，则东南一大郡也。宝坻静海皆如是。静海之葛沽，高地皆已

① 对商鞅“为田开阡陌封疆”，俗说以为是废除了井田沟洫。徐光启认为商鞅奖励农耕，有战功的人田连阡陌，当时只是废除了一夫百亩的古制，所以川遂沟浍水利并没有废除。



田。”[15]可见他对京东开垦情况甚是了解。京畿如何除害兴利，徐光启认识到，除水害必须要对河流进行疏浚，“西北之水一开浚，遂可无患而为利。大要浚上流入淘，浚下流入海而已”。利用洼淀滞蓄，开浚干支河排水，这抓住了海河流域治水的关键。对于兴水利，他主张源、委、流皆可以利用。“不在源，即在委，源恒流，委恒潴，故无骤溢骤干之患。若非源非委，在其中流者，亦必恒流，不绝不溢，或绝而可引，溢而可捍者也。”通过工程措施，对源、委、流加以控制，使不溢、不干，然后加以利用。他举出海河流域的大河，“如涿州拒马河、固安浑河，其水皆可用”（《农政全书》卷一四）。但必须政府出资，筑堤建闸，修筑坚固，才能引用之，否则不能用。

徐光启为了取得京畿屯田水利的技术经验，以利推广，于万历四十一年至四十四年（公元 1613 ~ 1616 年）、万历四十五年至四十六年、天启元年（公元 1621 年）数次亲自到天津屯田耕作，于海河南岸葛沽一带购买田地 1 600 亩左右，其中麦田 800 亩，余则为水田。其家书云：“累年在此讲究西北治田，苦无同志，未得实落下手，今近乃得之。其一在天津，荒田无数，至贵不过六七分一亩，贱者不过二三釐钱，粮又轻。中有一半可作水田者，虽低而近大江，可作岸备涝，车水备旱者也。有一半在内部，开河即可种稻，不然亦可种麦种秫也，但亦要筑岸备水耳。其余尚有无主无粮的荒田，一望八九十里，无数，任人开种，任人牧牛羊也。其一处在房山、涞水二县，此则每亩价二钱，近大江，可开渠种稻，每人岁可收二三石也。”[16]可见屯田主要采取了筑圩岸、开河渠等工程措施。徐光启认为在滨海盐碱地种稻，要采取合适的水利措施，“稻田用水随地随时不拘一法，括之以两言曰：蓄与泄而已”[17]。“凡看地势，垦水田，可蓄可泄，即可田矣。入水之处，地势宜高，泄水之处，地势宜低，水能行动，看其下稍愈低愈妙，可无淹没之患矣。”[18]他在《粪壅规则》[19]中说：“天津屯田兵言，碱地不害稻，得水即去，其田壮亦与新田同。”但如果盐碱含量过重，则需开沟淋洗，降低盐碱度后再种稻。徐光启总结葛沽屯兵的经验：“初年碱地不宜稻，莳下多不发，二年以后渐佳，后来更不复薄，不需上粪，尤胜不碱者。”[20]同时他还掌握了海河流域气候的特点，降水量少而不均，春旱秋涝，所以他在天津屯田因地制宜，水旱兼作或轮作，积极利用洼地，实行一水一麦种植，并提倡节水农业，推行旱稻、区种、畦种、冬灌和积雪，秋季深翻蓄水，使防旱保墒等农业措施和水利措施并用。他还认为：“北方之可为水田者少，可为旱田者多。”[21]对灌溉旱田的水利工程技术给予了相当的重视，如写有《旱田用水疏》，指出了旱田利用水资源的一系列工程技术方法。

对于东南水利，徐光启《农政全书》卷一三至卷一六共四卷专讲东南治水，可见他对此问题的重视。他认为疏通排水河道、修筑围田和设置闸窦是太湖平原治水的主要方法。他说浙西治水之法要：“河港泄泻，围岸堤防，闸窦乘除。”[22]对于当时河道存在的浑潮淤积问题，他赞成以清水冲涤浑潮。他说“疏通清水，以涤浑潮，自是正论。后来东南治水，宜仿此意”。他已清楚地看到当时的干流河道的水势变化。在引元任仁发《水利集》中作注说：“吴淞二里上海浦未大也。黄浦既阔二里余，已代吴淞泄水矣。岂开江二十五丈，遂足当二里之旧吴淞哉？任亦不达水理，亦不考于古今之故矣。且闸止能闭潮无入，岂能昼夜皆去水而当二里余之



旧江也。"[22]提出治水应该根据水势的变化采取相应的对策。他看到黄浦已代吴淞江成太湖排洪的主道，这与明代一些人士看不到水势变化，仍一味主张开浚恢复吴淞江，则要明智得多。他认为围田要和治水相结合，围垦湖荡淤滩要适可而止，"凡湖皆自然淤淀，但不宜多作田以尽之，使水无所容耳"[23]。《农政全书》卷一六摘录了多篇宋明人反对浙西围湖废湖为田的文章，又收录有二谷山人《水利策》，是讲滇南曲靖围垦荒海之弊的，这些皆反映了徐光启反对盲目围垦的态度。他对于围田的修筑技术尤为重视，特地载录了明代耿橘的《开河法》、《筑岸法》、《建闸法》等，介绍筑圩开河建闸的技术。他重视圩区河道的畅通，如说"分区分图，未必与河道相应，要当以河道为主"。这样不至于把行洪河道圈入圩内，妨碍洪涝水的排泄。对于河口建闸，徐光启强调闸座的作用是阻挡浑潮，但又不能影响排水，所以"闸口必与江容等例为是"，即闸宽要与江宽相适应。

第三，重视做好精确的水利测量工作。他提出"测量审，规划精"的观点[13]，认为审慎的测量是精确规划工作的重要依据。他在《农政全书》卷一四专门写有《量算河工及测验地势法》，详细阐述如何测量开河中的土方量、用勾股算边坡防坍、测水深定水平线，验收核实等技术方法。此文写成于万历三十一年（公元1603年），即徐光启中进士之前一年，当时还未翻译《几何原本》，表明此卷是徐光启对我国传统的测量方法做的总结。

第四，总结提水的方法和评价各种灌溉机械的优缺点。徐光启说："凡取水之术有四：一曰括，二曰过，三曰盘，四曰吸。"[24]所谓"括"，大约指筒车之类器具，架于流水之中，括水上岸。"过"指过水龙，即倒虹吸，必须上水高于下水才能使用。"盘"指架设翻车之类轮轴提水器具，流水中利用水力，静水中利用风及人畜之力，可架多部翻车，"递互输泻，交轮叠盘"，可至数里山顶。"吸"指架设桔槔、辘轳、玉衡车、恒升车之类，汲水而上，所取不多，止可供饮用，若要用之溉田，须在数量上多作。《农政全书》卷一七介绍了多种提水机具。徐光启对水转翻车评价说："此却未便。水势太猛，龙骨板一受龃龉，即决裂不堪，与今风水车同病。若长流水中，不如筒车为稳。"称驴转筒车："此却太拙。筒车之妙，妙在用水，若用人畜之力，是水行迂道，比于翻车，枉费十分之三"。对于各种吸具的评价，他说："汲（吸）有三法：汲为上，辘轳次之，挈绠缶为下"。汲指玉衡车、恒升车，挈绠缶指桔槔。大体上看，徐光启要求提水器具轻便，效率高，尽量利用水力、风力等自然力，但又要求牢靠。

第五，学习和介绍西方水利科学技术以为世用。徐光启虽然身为封建官吏，但并不同于一般儒吏盲目排外。公元1603年他与意大利耶稣会传教士利玛窦相识后，对西方科技产生浓厚兴趣。利玛窦去世后，徐光启邀意大利传教士熊三拔（Sabbathino de Ursis，1575—1620）合作译书，公元1612年出版了译著《泰西水法》六卷，"是书皆记取水、蓄水之法"[25]。卷一讲龙尾车，这是用于江河的螺旋式提水器。卷二讲玉衡车和恒升车。玉衡车为双缸活塞式水泵，恒升车为单缸活塞式水泵。两器为"井泉挈水之器也"。卷三讲水库的筑法，以预蓄雨雪之水备用。卷四是水法附余，谈找泉凿井的方法。卷五为水法或问，以问答形式谈论水性。卷六为诸器图式。《农政全书》引录了其中的前四卷。



第六，提出了“用水五术”，总结了利用水资源的各种方式方法。这就是徐光启写的《旱田用水疏》[26]。文中根据水资源的各种不同情况，如地表水的“源、流、潴、委”，及地下水和雨、雪水等种种水资源，提出采用引水、调水、蓄水、提水等各种技术措施加以利用，灌溉农田。标题虽指旱田，实际内容也包括南方水田地区。其主要内容如下：

用水之源，即利用山泉和平地涌泉。方法有六：（1）泉源高于田，从上源开沟，实行自流灌溉。（2）泉源低于田，如果水流湍急，可利用水力转动龙骨翻车、龙尾车、筒车等机具提水入田；水流缓慢，则用人力、畜力、风力运转机具提水入田。（3）泉源甚高于田的，筑梯田节级递受之。（4）溪涧离田远又低于田的，水流缓的开河引水至田侧，再车水入田；如水流急，可水力提水于岸，再开沟入田。（5）泉水与农田之间隔有溪涧的，则设渡槽引水。（6）平地涌泉，盛则直接开渠引用，微则筑池塘、水库蓄积后利用。

用水之流，即利用江河塘浦等流水。用法有七：（1）水流离田近的，用水车运水入田；离田远的，则开河引水，然后车戽入田。如江南平原开成纵浦横塘，农田灌溉很方便。（2）江河流量稳定的，在上流筑闸或坝，再分流成渠，引水入田。其下流，复筑闸坝，以控制渠中水位和泄排。如宁夏引黄的唐徕、汉延诸渠则采用这一方法。（3）塘、浦、泾、浜等离田较近的，用水车运水入田，较远的先开渠疏引，然后车戽入田。（4）江河塘浦之水过多溢入于田，则筑堤以护田，田中积水用水车车出。（5）江河塘浦源高而流低，水易涸，则于下流多筑闸以节宣之，并立水则掌握蓄泄。如浙江之绍兴水利即采用此法。（6）江河中洲渚可开垦成田的，要筑堤防水，开渠引水，筑闸坝以节宣水。（7）江河入海处可迎潮汐淡水用之，如咸水入侵则筑闸坝遏之，以拒咸蓄淡。

用水之潴，即利用湖荡泽陂等积水。其法有六：（1）湖荡在田旁的，田高用水车运水入田，田低则筑堤护田，涝水用水车排出，欲灌溉则开涵窦引之。湖荡离田远的，开渠导引，再以水车运水入田。（2）湖荡有源但易盈易涸的，可疏导排去多余的水，再以闸坝节宣之。（3）湖荡上源来水不畅，疏导上游水道；下流排泄困难的，疏导排水河道。（4）湖荡中洲渚可田者，筑堤以护田。（5）湖荡面积太广，涨水时容易泛溢为害下流的，则从上源进行分流。（6）湖荡易盈易涸的，秋季干涸时在出露地种麦，到冬季干涸的，则种春麦。如遇春旱，可引水灌溉。

用水之委，即利用海潮，或海中岛屿、沙洲上的水流。用法有四：（1）海潮顶托回来的江河淡水，可车水入田。如容易干涸，则开凿池塘或设置闸坝加以拦蓄。（2）常被海潮泥沙淤垫处，设闸、坝或窦以遏浑潮。此是江南一带地区的旧法。（3）海中岛屿可开垦为田，有泉源的，可疏引灌溉；无泉源的，则挖池塘、凿水井和筑水库蓄水灌溉。（4）海中洲渚亦可开垦为田，近于江河能迎得淡水的，则开渠引之，或凿池塘蓄之以利灌溉。

作原作潴以用水，即在山原缺水地区，依靠人力开凿水井（作原）吸取地下水，修筑池塘（作潴）、水库蓄积雨水、雪水加以利用。其法有五：（1）地高无水，但掘深数尺可得水的，修筑池塘以蓄积雨雪，并用水车提升入田。（2）池塘无水脉容易干涸的，应把塘底夯实，以防漏水。（3）掘土一丈以上才能得水的，



则凿井汲水灌溉。（4）井深数丈以上难汲易竭的，则修筑水库蓄积雨雪水灌溉。（5）地方空旷，人力不足，不能多打井、筑水库的就多种植树木，需水不多，长大后有多种经济效益，可防凶年。

"用水五术"体现了根据水位高低、流速大小、流量多少、水源远近、来去水状况等采用各种工程技术措施，尽量利用各种水资源的技术思想，设计符合现代水力学原理。徐光启把传统灌溉工程规划设计技术加以系统的归纳，全面地论述了用水理论，达到前所未有的认识高度。

三、陈仪及其水利技术思想

陈仪（公元1670—1742年），字子翙，别号一吾，文安（今河北文安）人。青年时"肆力于古文辞，益讲求经世之务，于礼乐、制度、盐法、河防，莫不考究其得失。而以畿辅河道，尤关桑梓利害，凡桑乾、沽、白、漳、卫、滹沱诸水之脉络贯注及迁徙壅决之由，疏瀹浚导之法，若烛照数计"[27]。他"扁舟往返"实地勘察河道水利达20年之久，非常熟悉畿辅河道水利状况。康熙五十四年（公元1715年）举进士，改庶吉士，授编修。雍正三年（公元1725年），怡亲王允祥主持畿辅水利屯田，"欲得善治河者与俱，而难其人"。大学士朱轼向允祥举荐了陈仪。雍正四年春，陈仪随怡亲王、朱轼行视畿内水利，不久朱轼居丧南归，之后，怡亲王的许多奏疏文稿都出于陈仪之手。故而说："畿辅七十余河，疏故浚新，公所勘定者十六七。"次年设立水利营田府，下设京东、京西、京南和天津四个营田局，陈仪"领天津局，兼督文安、大城堤工"[28]。天津局统辖天津、静海、沧州及兴国、富国二（盐）场的水利营田工程。文安、大城二县地势卑下，积潦不消，秋天又遇大水，堤内外皆巨浸。陈仪购秫稭十余万束，在险要地段"立表下楗"以御水，并奏请到帑金数万，招民以工代赈，将堤全线修筑坚固。陈仪在天津营田，仿明代汪应蛟"遗制"，修筑成十围，即天津县蓝田和贺家口围，静海县何家圈、吴家嘴、双港、白塘口、辛庄围，沧州葛沽、盘沽围，兴国、富国二场的东、西泥沽围。围田一面滨海河，三面开渠与河水通，又建闸启闭，潮来渠满，则闭闸而蓄之，以供灌溉；又四面筑围堤，以防雨涝。"白塘、葛沽之间，斥卤尽变为膏腴。"雍正八年（公元1730年）五月，怡亲王因病去世，畿辅水利实际已无人总领管理。九年进行调整，设置营田观察使二员，陈仪以佥都御史充京东营田观察使。京东丰润、玉田，负山带水，涌地成泉，多沮洳之地，陈仪教民开渠筑圩建立闸座，以便蓄泄，荒地多辟为良田。直至雍正十二年（公元1734年）他还在积极从事营田工作。次年，转侍读学士。乾隆元年（公元1736年），罢营田观察使，他回京任职。陈仪在天津和京东先后主持官营田共7万余亩，组织民间自营田数千亩。

陈仪一生著述甚富，其中尤以水利著作闻名于世，主要的有《直隶河道事宜》、《文安河堤事宜》、《请修营田工程疏》、《与天津清河两道咨》、《后湖官地议》、《治河蠡测》等。又雍正《畿辅通志》中所载《水利营田册说》也是陈氏所著。《册说》分为四局，以各州、县列其下，并注明某处用某水，用水的方式方法及各年营田的面积，并记录以往兴修水利的遗迹，使人们可了解这次大规模水利营田的详细情况。道光年间，吴邦庆为《水利营田册说》补图37幅，"其营田坐落村庄，细为胪列"，故称为《水利营田图说》。此外，陈仪还参加了雍正《畿辅通



志》中《河渠志》的编修工作，此志被采入《四库全书》，题为《直隶河渠志》。上述著作均已收入《畿辅河道水利丛书》。

陈仪治水的技术思想主要体现在以下几方面：

首先，提出治理海河流域水患的主导技术思想。他认为："欲治直隶之水者，莫如扩达海之口，而欲扩达海之口者，莫如减入口之水。""入口之水减，则达海之口宽，而北之永定、南之子牙、中之七十二清流，乃得沛然入三岔口而东注。朱子所云：治水先从低处下手，正此意也。"[29]直隶众多河道总汇于海河一线入海，源流盛大，排泄不及，夏秋暴雨季节，常常泛滥成灾。所以陈仪主张疏畅尾闾，减少入海河之水，并先治理低处的河道。这是抓住了治理海河水利的关键。

第二，提出治理东、西两淀的办法。即"别疏永定、子牙二河，于西沽南、北分流，不使入淀，清浊攸分，水患永息"。"东淀容纳全省之水，而出口之处，止有淀河一道，宣泄不及。议将上游三汊河淤浅之处，皆行挑浚宽深，再于下流杨家河、下家河低洼等处，多疏淀河数道，并行而东，同会于西沽。"[30]其技术思想是不使浊河入淀而淤淀，然后疏通淀之上下流，使水流排泄畅通。

第三，对直隶地势最洼的文安地区提出治理办法。文安是陈仪的家乡，该地"受六十六河之灌注汇会"，其胜芳诸淀是三郡数十州县泄水之咽喉。自滹漳之水从石沟村入淀，永定河之水从柳岔口入淀后，淤积严重，只剩一线河身，壅塞倒溢非常严重，造成西北之高阳、安州、雄县、保定、霸州等处，东南之大城、任邱、河间等处河堤一时俱决。陈仪提出："治之之法，一在分河之上流以杀其势，一在导河之下流而使之通。"[31]这样可取得"上流既分，则堤工永保，下流既通，则众派安流"[31]的效果。他还具体地规划了上、下流要疏浚开挖的河道。

第四，对善淤善溢的永定河提出治理措施。"永定浊泥，善肥苗稼，凡所淤处变瘠为沃，其收数倍。……河所经由两岸、洼碱之地甚多，若相其高下，开浚长渠，如怀来、保安、石径山引灌之法，分道浇灌，则斥卤变为肥饶，而分水之道既多，则奔腾之势自减，从高而下，自近而远，一河之润，可及十余州县，此亦转害为利之一奇也。"[32]即在上中游"分道浇灌"，变害为利。对于永定河下游的治理，陈仪说："为今之计，惟有疏挖长洵，导之东注河头，南面接筑长堤至杨家河而止，虽不能保其不再淤，而旋淤旋挖，亦可暂为补救矣。若欲为长久之虑，则莫若复南行之故道，仍归固、霸而注之会同河，盖以浑入清，涤荡冲刷，已失其壅淤之性，而会同河岸深溜急，泥沙不能暂停。……惟从前未有钦堤，但恃民埝，故冲齧所时有耳。若如今之专管有官，岁修有备，筑两堤而守之，尚何患乎奔溃哉?"[32]陈仪主张在永定河两岸筑堤防护。永定河两岸是否应筑堤，清代有两种意见，一种认为应筑堤约束，不让洪水漫溢；另一种认为永定河河床固定后易淤积，应任永定河漫流，淤过之地实行"一水一麦"种植制度。对陈仪提出的治理方法，嘉庆时吴邦庆认为陈仪"论扩海口"、"论治淀"的主张，"虽元郭太史（郭守敬）、明潘印川（潘季驯）殆无以易之"，但对于其"论永定河"及"文安河道事宜"吴邦庆有不同的看法："若以堤束永定河而南则浊流阗（填）注，必致高仰立形。"又认为文安东距东淀，西距五官淀，北距清河，当时（嘉庆时）淀身经淤积已高于文安陆地，沟渠水无法泄入淀中，而应在文安三面筑堤，再于县东择地开减河，用



以排涝水和引水灌溉，减河亦应设立堤堰，然后于河两旁筑围田。[33]但是清代因为直隶地区人口的增加，经济的发展，已不允许洪水漫流，所以永定河筑堤固定河床也成为必然的措施。

第五，对已淤积湖地的围垦，要将湖心留有一定的蓄水面积。陈仪在《后湖官地议》[34]中称："玉田县之后湖……贤王所心经而手纬，而其措置之妙，尤在留湖心毋垦，以为潦水归宿之所。盖外周围堰，山涨固不内侵，而雨泽过多，则内水亦难外泄，留湖心以受之，田功乃可以万全。所谓'舍尺寸之利，而远无穷之害'，后之人所当遵守无失者也。"淤废湖泊的围垦，应当在湖心留一定的容蓄涝水面积，以解围田内水外排的困难，这一技术经验是行之有效的。

第六，提出"挑嘴裁弯"治河，"引淤填洼"治碱等技术措施。由于北运河湾多工险，陈仪赞成潘季驯提出的"逢湾取直，遇嘴切沙"的治河办法，认为治理北运河"挑嘴裁弯，最为良法"。河道开直后，流水顺畅，这一方法治理效果显著。南运河所经沧州以南地区多低洼盐碱之地，陈仪提出"若坚修（捷地减河）两堤，将大浪淀等低洼之处，圈筑小埝，照子牙河淤蒲淀等洼之法引水填淤，自上而下，则沧南薄碱之区渐成膏腴，似亦不必汲汲闭塞也"。主张积极利用河水中的泥沙，变害为利。

可见，陈仪在京畿地区屯田水利成绩突出，对治理京畿河道的认识也较切合实际，无论在畿辅水利，还是河道治理方面皆形成自己的技术思想，故成为清代畿辅治水的代表人物。

第二节　水利著作

明清时期农田水利著作大量增加。这是由于社会经济和农业生产的发展，各地普遍兴修众多的农田水利工程，使得传统水利科技已经成熟，为了探讨、总结和推广这些技术经验，于是水利著作大量出现，加之印刷技术的提高和普及，又加速了水利著作的面世。且因离现代的时间短，故而这些著作大多留传至今。明清农田水利著作的特点：一是地方性水利著作占很大比重，其中太湖水利、畿辅水利、西北水利的专著数量尤多。二是记载专项水利工程的著作增多。有专记海塘工程的，有单项农田水利工程专志等。三是不少农书中记述农田水利的内容分量加大，有的已作为农书的重要部分编排。

一、明清农田水利著作概况

明清时期的水利专著约有三四百种之多，其中农田水利著作有100多种。大体简介如下：

（一）通史、通志类著作

明清纪传体通史中载有水利专篇。如《明史·河渠志》、《清史稿·河渠志》等，两志中的直隶水利，其内容主要是依时间前后顺序叙述各地农田水利修建情况的，但记述过于简单，只能得到大致的线索。通志类中，清代所撰《续通典》的食货部分列有"水利田"，载有唐后期到明代的农田水利。《清朝通典》食货中列有"水利"目，除记清代河工外，还有江浙和直隶水利及海塘兴修的记载。《续通



志·食货略》列有“陂渠”目，记载唐后期到明代兴修灌溉水利的简略情况。《清朝通志·食货略》列有“漕运”、“水利”、“河工”、“海塘”目，其中“水利”则指农田水利。《续文献通考·田赋考》列有“水利田”，记载宋代宁宗到明代的农田水利。《清朝文献通考·田赋考》亦列有“水利田”，记述了顺治九年至乾隆五十年各地兴修农田水利的情况。《清朝续文献通考·田赋考》列有“水利田”，记述乾隆五十一年至宣统三年重要水利的兴修情况，内容包括治河、灌溉排水、海塘等，还载有一些水利奏疏。以上除《清朝文献通考》和《续文献通考》外，记载都甚简略，工程技术状况较少涉及。

（二）地区性水利著作

海河流域及西北地区。自明永乐年间京都迁往北京，直至清朝，海河流域均为京畿之地。为了解决京师的粮食供应问题，每年从南方漕运的负担沉重。为此，不少有识之士提出发展京畿地区农业生产，治水兴利，开渠灌溉，扩大水稻种植面积，充分利用水土资源的战略性意见。由于海河流域诸河呈扇形分布于太行山以东平原，最后汇为海河，由天津一线入渤海，平原坡度平缓，加上降雨集中于夏秋之际，洪涝水排泄不畅，洪灾威胁严重，春季少雨，又常发生旱魃为害，因此影响了农业生产的发展。明清时倡导海河流域农田水利的专著，多联系本地区防洪除涝灌溉各项水利进行总体规划，使流域治水兴利规划技术大有提高，同时促进了水利建设的进行。其主要代表著作有：徐贞明的《潞水客谈》，论述了兴办京畿水利的战略意义，实施的技术方法和政策措施。潘锡恩的《畿辅水利四案》，记述了乾隆年间畿辅兴修水利的状况；吴邦庆的《畿辅河道水利丛书》，辑录有关畿辅河道治理和农田水利兴修的文集，加上本人的议论集，合为一部丛书。林则徐的《畿辅水利议》，辑录了前人开发畿辅水利的有关议论和史实，提出本人对兴修海河流域灌溉水利，开发水田的设想及应制定的有关管理政策，书中未涉及治理水患问题，而是强调开辟水田和扩大灌溉之利。专谈宝坻水利的有程璇的《渠阳水利》，程璇于康熙五十七年至雍正四年（公元1718～1726年）任宝坻知县，雍正四年卸任后，委以京东营田局宝坻堤务，直至雍正九年去职，在任上兴修多项水利工程，此书即记载兴修工程的情况，并提出宝坻水利的规划性意见。

明清西北地区指今京津冀、豫、晋、陕甘、宁夏、辽西南等地，西北农田水利著作着重论述沟洫水利，而且把发展沟洫水利与治黄联系起来。主要著作有：清康熙时许承宣的《西北水利议》，书中提倡在西北兴修沟洫水利，采取的技术措施是：“治其上流，开沟洫以行水，筑堤岸以障水，为梯田以受水，浚陂池以潴水，桔槔以导其出入，闸坝以时其启闭，有全利而无小害也。是则燕、豫、秦、晋、齐、鲁皆可通行。”又嘉庆四年（公元1799年）沈梦兰的《五省沟洫图说》收有其先后撰著的文牍13篇，其内容大体可分为四类。一是有关沟洫布设的方法和尺寸及推行沟洫制的好处。二是冀、豫、陕、鲁、晋五省的水道图（实际还包括甘肃水道图），分述各省河道的起讫和流经之地。三是引用徐贞明《潞水客谈》和刘天和《问水集》等书中有关水利论述，以及前人叙述的有关代田和区田的方法。四是作者的一些书信和水利议论。内容涉及直隶水利，治理荆江和说谕沔阳业民兴办水利等方面。王家坊在书后序中说：“乃若《沟洫图说》，酌古宜今，其道易明，



其教易行，亦既措施于沔阳、荆江等处，至今犹利赖之，则是书有裨实用，而非轻生家常言也。”

太湖流域。明清时期太湖流域的农业生产和社会经济比前代更加发达，朝廷的赋税、漕粮很大部分依赖于这一地区，因此重视流域的治水和圩田建设，治理活动频繁，为了探讨最佳治理方案和方法，于是出现了许多太湖水利治理的论著。

明代有弘治十年（公元1497年）姚文灏的《浙西水利书》三卷，书中有选择地汇集了前人论述太湖水利的文章47篇，其中宋文20篇，元文15篇，明文12篇。“凡例”中说明编此书的要旨：因“浙西之于天下，重也；水利之于浙西，又重也，故为书焉”。提出要以当时水利形势，定治水方略，因此对前人的治水议论有所取舍，“诸家之书，取其是而舍其非”，“一家之书，详其是而略其非”。书中不录宋代郏亶《水利书》，“以其大指失之”，此评语则有失公允。

正德年间伍余福撰《三吴水利论》，列有论五堰、九阳江、夹苧干、荆溪、百渎、七十三溇、长桥百洞、震泽等八论。是在宋代单锷所论的基础上，结合当时的实际而阐述之。

嘉靖时归有光撰《三吴水利录》四卷，前三卷载有北宋郏亶、郏侨、单锷水利书及苏轼奏疏、元代周文英书、明代金藻治水论七篇。第四卷载归氏自作水利论二篇，大德、天顺开江尺寸，绘有三江图。后有续录载归氏《奉熊分司水利集》和《寄王太守书》水利建议两篇。后面附录为其子所撰，载其文章二篇。此书反映了历代治理太湖水利的议论和归有光本人的观点，受到后人重视。

嘉靖四十三年（公元1564年）沈啓撰《吴江水考》五卷，内容分为十考，卷一为水图考、水道考、水源考；卷二为水官考、水则考、水年考、堤水岸式、水蚀考、水治考、水栅考；后三卷为水议考，辑录明嘉靖四十三年以前有关太湖治水的议论，凡太湖流域水道形势、治水条规、历代治绩，均一一简述，条理清晰，议论精详。此书保留了不少有价值的史料，如“水则考”所记吴江水则碑的资料就很珍贵。清光绪年间黄象曦进行了增辑，对水道、水源部分间错增入，其水官、水年、水蚀、水治诸篇所增，皆列于原书各卷之后，水则、水栅、隄水岸式等也有所增。卷五后有附编上下篇，补充沈啓的水利议和接续明嘉靖至清代的有关水利议。

万历十年（公元1582年）张内蕴、周大韶撰《三吴水考》16卷。之前万历四年（公元1576年）御史林应训奉命治理太湖水利，越六载完工，嘱张、周等编辑此书。全书分11类。一卷诏令，载有关水利诏令；二卷水利大纲，记述三吴水系源流和水利总考，并附图系说；三卷至五卷为苏、松、常三府水利考；六卷水年考，记南朝宋元嘉年间至明万历十年太湖水灾的情况；七卷水官考，载先秦至明万历十年治水官员及其主要治绩；八至九卷水议考，辑录宋、元、明有关三吴水利议论40篇；十至十二卷奏疏考，转载宋、元、明水利奏疏；十三卷水移考，辑录宋、元人讨论太湖水利的函札；十四卷水田考，辑录历代圩田史料；十五卷水绩考，记述历代水利治绩；十六卷水文考，辑录宋、元、明水利文献。书中论述太湖地区诸水之源流，分析历代治理方法的利弊，甚为翔实。

万历三十四年（公元1606年）耿橘撰《常熟县水利全书》十卷，另有附录二卷。此书记载万历三十三、三十四年常熟县兴修水利的状况和采取的浚河筑圩技术



措施，有图有文，很是详细。此书将浚河筑圩技术系统地进行了总结（详见后文）。

万历四十一年（公元1613年）童时明写成的《三吴水利便览》，刻印后流传不广，似成了佚书。1963年，在四川理县薛成镇东杂谷脑河南岸明承德郎王之仁的石室墓中发现该书[35]。书为线装，四册，万历年间镌刻，略有残破。书前面有许重熙和作者本人的序文各一篇。正文共分：《太湖原委》、《三江故道》、《浦荡分流》、《开浚要务》、《治河工次》、《筑岸程法》、《置闸便宜》和《经画成规》八章。每章之前都分别冠以小序，说明该章主题思想和章与章之间的关系。书中首先论述了太湖流域的地形水势，认为必须抓住太湖、三江和其他水道之间的关系，解决洪涝水的出路问题。其次指出应采用的水利工程技术。认为三吴水利工程的重点在于疏浚淤填，置闸御沙，保持水道通畅，以利灌排，低地筑岸御水，使农田无水浸之患。最后摘录了明代俞守仁、夏原吉、李充嗣等20余人浚治太湖水利的有关文章和奏疏，并发表了个人对明代治理太湖水患的评论。

万历四十三年（公元1615年）王圻撰《东吴水利考》10卷。其书首列东吴七郡水利总图，而书中所载止六郡，未及杭郡。六郡中尤详于苏、松、常、镇四郡。前九卷为图考，图后各系以阐说，最后一卷为历代名臣奏议，但所采文章不多。王圻在序中提出欲修太湖水利，“惟先治长桥等处茭芦壅滞之地，导太湖之水散入阳城、昆承三泖等湖，而又浚吴淞、娄江并大石、赵屯等数十大浦，泄淀山之水以入海，又开白茆、许浦、七鸦、福山等塘港以泄阳城、昆承诸水注于江，达于海”，再疏浚田间之水入浦，“则潴者泄者两无阻塞，而农田国课永有倚赖矣”。

崇祯年间张国维撰《吴中水利全书》，共28卷。此书采有关苏、松、常、镇四郡水利文献，分类汇纂。先列东南七府及下辖州县水利图，共53幅，各图下系有文字说明。次列水源、水脉、水名等目，下又辑诏敕章奏、水利史志，及考、说、论、议、序、记、诗歌等。此书对于四郡水利文献，已搜罗大备，故研究清代以前的苏、松、常、镇水利历史，此书具有重要的参考价值。

此外，明代论太湖水利的还有薛尚质《常熟水论》、曹胤儒《东南水利议》、吴韶《全吴水略》等，也皆有较充实的内容。

清代太湖水利著作有：清初陈瑚《筑围说》，记载作者家乡昆山蔚村洼地的圩田水利形势及通过勘丈后画为图式，一一列出筑围事宜17条，内容包括筑围的施工组织和技术方法规定等，以便带领乡人筑圩岸御水。顺治时钱中谐撰《三吴水利条议》一卷，收有六篇水利议论，首“论设水官以专责成”，次“论太湖三江五堰”，又次“论吴淞江”，又次“论刘河、白茆及江海支流”，又次“论水势冈身”，最后“论五堰不可决”。顺治、康熙时顾士琏撰《水利五论》，“五论”为高乡论、低乡论、湖田灌水论、守令任浚筑论、海口勤浚论。附有时务、与郁涉园论水道枝干、康熙癸丑开江议等。康熙年间陈士矿撰《明江南治水记》一卷，前面记永乐元年、二年、三年、宣德七年、嘉靖元年、二十二年、隆庆四年、万历十年太湖地区治水奏议和治理状况，后面发表本人治水见解，主张广浚分支，共受三江之水，多设尾闾泄洪，以杀震泽之怒。翁澍《具区志》，是专为太湖作的方志性质的著作，有助于了解太湖水利形势。沈恺曾撰《东南水利》八卷，录有康熙以来

太湖、刘河、白茆、孟河等兴修开浚奏议公牍，以及前代水利沿革，还载有折解缓征、赋额田税诸事。乾隆时金友理撰《太湖备考》16卷，首一卷，记太湖湖中及环湖水利、经济、名胜、兵防、风俗、物产、人物、艺文等。后光绪年间郑言绍著《太湖备考续编》四卷。乾隆年间还有庄有恭《三江水利记略》四卷，记乾隆二十八年庄有恭兴修苏、松、太三江水利事。凌介禧撰《东南水利略》六卷。卷一为太湖沿湖水道图，共25幅；二三卷论三江太湖源流异同；四五卷分论各地水道要害；六卷为当道往来讨论书札。嘉庆年间张崇傃《东南水利论》四卷，是为配合当时疏浚吴淞江活动，而研究水利文献的成果。上卷论吴淞江水利，中卷论嘉宝水利，下卷论淞南水道，各卷均有图说，卷末附楱流论。道光年间王凤生撰《浙西水利备考》二卷，列出东南七府一州水利图共29幅，各图后附说明沿革和当前形势。陶澍《江南水利全书》共75卷，附录八篇，记载道光年间太湖地区治理水害的工程情况，首冠江苏水道图11幅，末考历代治水事迹，汇集水利资料详细。光绪年间李庆云《续纂江苏水利全案》，正编40卷，首一卷，附编12卷。举同治以来20余年之旧牍详加釐订，列表绘图，再综合进行论说。此书因印发不多，宣统时再将图说刻印，称为《江苏水利图说》共八卷，列有苏、常、镇、松四府太仓一州水利全图等28幅，图后皆附说明。

此外，其他地区的农田水利著作也不少。记河南农田水利的有清代王凤生《河北采风录》。记淮扬水利的有明嘉靖时胡应恩《淮南水利考》，此书汇编明代万历五年（公元1577年）以前历代史志河渠诸书中关于淮南水利问题的论述，为编年体著作；万历时泰州人陈应芳《敬止集》，汇集陈氏有关淮南水利之奏疏、公移和书札，共四卷，此书对研究明代里下河地区水利治理有重要参考价值；还有清代嘉庆时刘台斗《下河水利集说》、道光时冯道立《淮阳治水论》及光绪初刊《淮阳水利图说》等。记安徽水利的有清乾隆时晏斯盛《江北水利》。记湖北水利的有乾隆十一年（公元1746年）王概《湖北安襄郧道水利集》二卷，载有江汉全图，襄阳、当阳、钟祥、荆门、京山、潜江、天门、沔阳（今仙桃市西南）诸堤图，收录当时的奏稿、碑刻等文。记浙江水利的有明代富玹《萧山水利书》，清人张学懋《萧山水利三刻》，皆是萧山水利专著；道光时周道遵《甬上水利志》六卷，专记宁波一带水利。记云南水利的有道光时黄士杰《云南省城六河总图说》，是滇池水利专著。记山西水利的有1916年洪洞县令孙奂岺《洪洞县水利志补》，是汇集金代至明清以来洪洞县各灌区的渠册之书，内容专讲各渠道灌溉管理规章，是该县古代灌溉管理的文献汇编。

从地区性水利著作中可以了解各地治水兴利的规划方案和技术思想，并且能获得较为系统详实的水利史料和兴利史实。

（三）灌溉工程专著

明清时期各地较大的灌溉工程多编撰了专史和专志，这些专著记载了工程创建、兴修沿革、利病得失和管理制度，对水工技术的记载也较为详细，此类著作重要的有：

清乾隆时王太岳《泾渠志》，是引泾灌渠的专史。全书分序、图、泾水考、泾渠考、总论、后序等六个部分。书中记述了历代引泾灌渠的兴修、渠道的流经和灌



溉范围的变化，并对有些问题进行了考证。

道光时蒋湘南《后泾渠志》三卷。此书先附于道光《泾阳县志》，民国 14 年刊于《泾阳文献丛书》。书中叙述了泾渠的历史并考证了泾渠各项设施和制度的创始年代，记载了当时龙洞渠的渠系分布和各支渠的灌溉面积，记录了历代修治泾渠的主持人姓名、职位等。民国时高士蔼又综合前人著作，结合实地考查，著《泾渠志稿》，1935 年由李仪祉作序刊行。

乾隆时二王庙道士王来通《灌江备考》，是有关都江堰水利工程的专集，全书收录文章、碑记，诗文 30 篇。初刻于乾隆八年（公元 1743 年），后成都府水利同知王廷珏、李先立又对初刻本作了一些增补，记事止乾隆三十一年。此书介绍了都江堰水源、历史沿革、工程技术、管理维护及历史传说等。其中《天时地利堰务说》、《六字碑》、《复造水则》、《石标对铁桩》、《拟做鱼嘴法》、《做鱼嘴活套法》等篇，初见于此书。之后王来通又编《灌江定考》，是另一部有关都江堰的资料书，收录元揭傒斯《蜀堰碑》及明清的有关碑记和奏疏等。

另外，还有清康熙时王全臣《大清渠录》，记载修建宁夏大清渠的经过及采用的工程技术。嘉庆时夏尚忠《芍陂纪事》，系统记载各个历史时期芍陂工程的兴衰和变迁，总结闸坝和灌区管理工作经验。载作者本人撰的《容川赘言》，内有《安丰塘有四便》、《安丰塘有三难》、《安丰塘有二弊》等文。清代尚兆山《赤山湖志》六卷（载《金陵丛书丙集》），是记江苏句容赤山湖的专志。嘉庆时黎世序《练湖志》十卷，为江苏镇江练湖的专志，其中卷二专讲兴修。光绪年间陈镐《芙蓉湖修堤录》八卷，载有芙蓉圩全圩图说，圩的创建、修筑经过，按田派夫修圩管理办法，以及围数、界岸、闸坝、涵洞、戽水等工程技术状况。康熙二十二年（公元 1683 年）程鹤翥《三江闸务全书》二卷，专记绍兴三江闸工程，上卷有三江闸及水道图，载兴建及大修等情况，下卷为三江闸管理维修规则、治水论述等。道光年间平衡又补辑有关资料，写成《闸务全书续刻》四卷。明代万历时陈幼学《南湖考》一卷、陈善《南湖水利图考》二卷，是专记余杭南湖水利的专书。雍正时李卫《西湖志》48 卷，其中卷一、卷二谈兴修西湖水利的情况。光绪时又有吴农祥《西湖水利考》一卷。清代毛奇龄《湘湖水利志》三卷，民国周易藻《萧山湘湖志》是记湘湖历史的专志。嘉庆时王相能《杜白二湖全书》，专记慈溪县杜湖、白洋湖灌区的水利兴修和管理制度。民国五年王荣商《东钱湖志》，是古代鄞县东钱湖的专志。同治时王庭芝《（丽水）通济堰志》，按时代先后汇集宋以来有关通济堰的序、跋、碑记、文稿、条例，载有宋、元、明、清 20 次大修的工程规模，兴修始末，经费筹措、夫役摊派、施工管理等。该志不但记叙沿革，而且重视管理法规。光绪年间又修有一部《通济堰志》，为同治志的续编，记述同治五年以后三四十年间的事。嘉庆时陈池养《莆田水利志》八卷，主要是记福建莆田木兰陂的水利历史。道光时綦世基《洞庭湖志》14 卷，其中卷四为堤垸水利。珠江三角洲桑园围清代有多部志书。同治九年（公元 1870 年）明之纲等《桑园围志》14 卷，此志汇辑了乾隆至同治年间 9 次进行岁修工程后编修的志书。光绪十九年（公元 1893 年）何如铨等《重辑桑园围志》17 卷，内容详细，保存大量的奏议、修筑、工程、章程等资料。



灌溉工程专著对工程记载最为详实，是研究灌溉工程技术史的重要文献。

（四）海塘专著

记载浙江海塘工程的著作主要有：明万历十五年仇俊卿《海塘录》八卷。乾隆十六年方观承《两浙海塘通志》20卷，全面汇辑此前修筑浙江海塘的资料。乾隆二十九年翟均廉《海塘录》26卷，专记清代杭州、海宁、海盐等地海塘的修筑。乾隆五十五年琅玕《海塘新志》六卷，接方观承海塘书续至乾隆五十五年止。嘉庆年间有杨鑅《海塘揽要》12卷、钱文瀚《捍海塘志》一卷。道光十九年乌尔恭额《续海塘新志》四卷。光绪年间连仲愚《上虞塘工纪略》二卷。

记载江苏海塘工程的著作主要有：明崇祯年间吴嘉允等《漴阙石塘录》。乾隆年间宋楚望《太镇海塘纪略》四卷，记述今上海一带的海塘工程。清人编《修筑宝山海塘全案》十卷。光绪时李庆云《江苏海塘新志》八卷，收录同治七年至光绪十五年的海塘档案资料。

（五）农书中的水利专篇

明清时期农书众多，在综合性农书中，基本都涉及灌溉水利，其中尤以《农政全书》、《授时通考》和《泽农要录》登载的水利内容为多。

明代徐光启的农学名著《农政全书》，共60卷，50余万字。初稿大约撰写于天启元年至天启七年（公元1621～1627年）间，作者未及最后定稿，即于崇祯六年（公元1633年）逝世。崇祯十二年（公元1639年）由松江知府方岳贡委托徐的门人陈子龙校订刊行，这是《农政全书》初次刊行于世，是为“平露堂”本。该书十二卷至二十卷，即计有九卷为水利目。各卷内容如下：

卷十二：总论（引录《荒政要览》有关水利文）。西北水利（引录《郭守敬传》、丘濬《大学衍义补》、徐贞明《请亟修水利以预储蓄疏》和《西北水利议》）。

卷十三：东南水利上（引录宋代范仲淹《上吕相公并呈中丞咨目》、元代任仁发《水利集》、明代刘凤《续吴录》、明代吴恩《吴中水利》）。

卷十四：东南水利中（引录明代夏原吉《治苏松水利疏》、徐贯《治东南水患疏》、吴严《兴水利以充国赋疏》、胡体乾《修举水利六款疏》、吕光洵《修水利以保财赋重地疏》、林应训《修筑河圩以备旱潦，以重农务事文移》、玄扈先生《量算河工及测验地势法》和《看泉法》）。

卷十五：东南水利下（耿橘《大兴水利中》）。

卷十六：浙江水利，附修筑海塘、滇南水利（绍兴二十三年谏议大夫史才言、《复镜湖议》、陈橐《夏盖河议》、王廷秀《水利记》、《东钱湖浚议》、徐献忠《山乡水利议》、《海宁捍海塘记》、《石海塘记》、二谷山人《水利策》、玄扈先生《旱田用水疏》）。

卷十七：灌溉图谱（内容引用王祯《农器图谱·灌溉门》，载有水栅、水闸、陂塘、水塘、翻车、筒车、水转筒车、牛转翻车、驴转翻车、高转筒车、水转筒车、连筒、架槽、戽斗、刮车、桔槔、辘轳、瓦窦、石笼、浚渠、阴沟、井、水篣等）。

卷十八：利用图谱（内容引用王祯《农器图谱·利用门》，载有浚铧、水排、



水磨、水转连磨、水击面罗、水砻、水碾、水辗三事、机碓、槽碓、水转大纺车、缶、绠等）。

卷十九：泰西水法上（载有《龙尾车记》、《玉衡车记》、《恒升车记》）。

卷二十：泰西水法下（载有《水库记》、水法附余："找泉法"和"凿井法"）。

在《农政全书·水利》中共汇录前人的水利论述33篇，本人撰写文章3篇。在文章的编录中体现了他对西北和东南水利的重视。他基本上同意文中各人的论说，不同意的地方则加以补充和评论，这些论述多涉及水利规划和治理方略等重大问题。另外，也可看出他对水工技术和水利机械的特别关注。徐光启所处时代当封建社会的末期，社会普遍不重视技术创新，徐光启总结我国传统水利技术经验，并引进和介绍西方水法，对我国水工技术的发展影响深远。

清代官修农书《授时通考》，写于乾隆二年至乾隆七年（公元1737～1742年），于乾隆七年初次刊行。全书共98万字，分为8门（天时门、土宜门、谷种门、功作门、劝课门、蓄聚门、农余门、蚕桑门）、66目、78卷。共征引经、史、子、集、农书、方志等各种古籍553种，共辑录3575条，有插图512幅[36]。其中土宜门中有4卷专列水利内容，辑汇了《尚书·益稷》、《禹贡》、《诗经》、《周礼》、《续文献通考》、《范文正公集》中有关水利文，以及任仁发《水利议》、徐贞明《请修水利疏》、耿橘《大兴水利申》、《金藻水学》、徐光启《旱田用水疏》，还有怡贤亲王的水利疏、慕天颜《请浚孟河白茆河疏》、总漕桑格等关于里下河水利的奏疏等。在《功作门》中列有《灌溉》、《泰西水法》两目。《灌溉》目中辑汇了《周礼·地官》中遂人、稻人所述井田沟洫内容，还有《氾胜之书》、《陈旉农书》、《王祯农书》、《大学衍义补》、《农政全书》等有关灌溉的内容。《泰西水法》则引自《农政全书》。

《授时通考》书中篇目的设置是依影响农业生产的各种因素来编排的，它将"天、地、人"三才置于八门之首，水利在"土宜门"中，即是从属于地的，通过兴修水利可改善农业生产的地理条件，及时供应农作物生长所需的水分。书中将水利放入农业技术体系之中，即组成农、林、牧、副、蚕桑、水利等在内的基本技术体系，可见当时对水利的重视。

清代吴邦庆所撰《泽农要录》，成书于道光四年（公元1824年）。吴氏家居霸州，古称益津（今河北霸县），该地地势低平。他看到当地有利用连年积水之地，种植水稻的，经询问，种稻方法竟与农书中所载相同。为了进一步在京畿地区推行种稻，他采历代农书中"有关于垦水田，艺秔稻诸法"，辑而成书，以向民众介绍推广。全书共六卷，分为授时、田制、辨种、耕垦、树艺、耘籽、培壅、灌溉、用水、获藏等十部分。书中摘录编排有序，并结合了作者本人的心得体会。如"用水第九"中说："邦庆尝于嘉庆十九年，奉命查视北运河，挑挖浅阻，见距堤数武外，多凿井丈许，穴地置巨竹，若阴沟然，引河水入井，设辘轳三四具，日可灌田数十亩，名曰通竿井，即江南运河涵洞之意。"将这一前人未介绍过的技术，载之于书。

二、《畿辅河道水利丛书》

《畿辅河道水利丛书》系清代吴邦庆撰辑，于道光四年（公元1824年）编成，



同年刊行，称为益津吴氏刊本。此书汇集了当时的畿辅地区，即海滦河流域治水兴利的一系列文章，组成一套丛书。包括下列著作：

1.《直隶河渠志》。清代陈仪撰，此书是其经理营田时所作，内容述及海河、卫河、白河、淀河、东淀、永定河、清河、会同河、中亭河、西淀、赵北口、子牙河、千里长堤、滹沱河、滏阳河、宁晋泊、大陆泽、凤河、牤牛河、窝头河、鲍丘河、蓟运河、还乡河、塌河淀、七里海等20余河，着重于当时河道形势，并提出了治理对策。

2.《陈学士文钞》。选录登载陈仪的8篇文章，即《直隶河道事宜》、《文安河堤事宜》、《请修营田工程疏》、《与天津清河两道咨》、《后湖官地议》、《四河两淀私议》、《永定引河下口私议》、《治河蠡测》等。从中可知陈仪对直隶地区治水兴利的见解。

3.《潞水客谈》，又名《西北水利议》，明徐贞明撰。《潞水客谈》后附朱云锦《书〈潞水客谈〉后》、《明史·徐贞明本传》、明御史王之栋《请罢浚滹沱河疏》等。

4.《怡贤亲王疏钞》。是从雍正《畿辅通志》中辑录怡贤亲王允祥在雍正三年至八年（公元1725～1730年）主持畿辅水利营田的奏疏九篇，即《敬陈水田疏》、《请设营田专官事宜疏》、《请磁州改归广平疏》、《敬陈畿辅西南水利疏》、《请设河道官员疏》、《敬陈京东水利疏》、《请定考核之例以专责成疏》、《各工告竣情形疏》、《恭进营田瑞稻疏》。这些奏疏，策划了畿辅各河道的修治方略和建闸筑坝等事宜，提出设水利营田专官和严格考成的办法，要求调整磁州隶属关系，以及上奏水利营田取得的成效等。文后又附康熙时直隶巡抚李光地请兴修水利二疏。

5.《水利营田图说》。陈仪撰文，吴邦庆补图。述说了京东、京西、京南和天津四个水利营田局及下辖的39州县和兴国、富国二场，兴修水利和营治稻田的情况，并列有形象的布置图。

6.《畿辅水利辑览》。吴邦庆汇集宋代何承矩、元代虞集、明代汪应蛟、董应举、左光斗、张慎言、魏呈润、叶春及、袁黄等人的水利奏议十篇，并附清代朱云锦《豫中田渠说》一篇，文中列出豫省34个州县历史上兴修的灌溉工程。

7.《泽农要录》。吴邦庆从古农书中搜集有关垦水田、艺水稻的资料分类辑录成“十门六卷”。

8.《畿辅河道管见》。吴邦庆撰，将海河五大水系四五十条骨干河道，“叙明源头，并将径由州、县方位，以及达海之路，又将附入支流，除乾河及涓涓细流，不为渎叙，其余皆详考而备书之”。“然后以故老所传，书传所载诸法附之”。主要述说了诸河原委，对以往的修治状况也有涉及。又在《管见书后》集中阐述了个人的治水见解。

9.《畿辅水利私议》。吴邦庆撰，总结了雍正期间怡贤亲王兴修水利的成效和经验，表明了自己在兴办畿辅水利方面的主张和见解。

《畿辅河道水利丛书》汇集文章众多，通过此丛书可知海河流域元明清时期兴利除害，从事水利营田的状况，以及各地实施的工程技术措施；汇集的文章既有讲河道防洪除涝的，又有讲灌溉水利的，故而名之为《畿辅河道水利丛书》，成为立



足于流域水利总体规划基础上的区域农田水利著作。这一著作的分量和价值大大超越了前人。

三、《常熟县水利全书》

《常熟县水利全书》为明代耿橘所撰。他于万历三十二年至三十四年（公元1604~1606年）任常熟知县。此时常熟水利久废不治，塘浦泥沙淤塞，堤防残破不全。耿橘到任后重视兴修水利，广问博访，亲履踏勘，对全县水利情况做到了了如指掌。万历三十三年他主持开浚了干河福山塘。之后，准备在全县全面地进行开河筑圩工作，于是写出《大兴水利申》一文，并规划了全县的水利施工方案，向上级官府报请审批。耿橘报请审批的浚河筑圩缘由及图说，苏州府认为“至详至悉”[37]，建设苏松道将此作为各县样本，督令各县按照常熟的规式去做。在批文中还要求耿橘将此材料刻印出来。因此，耿橘整理了万历三十三年、三十四年兴修水利的有关材料，编撰成了《常熟县水利全书》[38]。

全书共分十卷，另有附录二卷，按内容可分四部分。

1. 卷一主要载有《大兴水利申》一文，是耿橘向苏州府申报浚河筑圩缘由和采取的技术措施，内容主要有“开河法”九条和“筑岸法”五条。还有关于钱粮的出处与发放等请示报告；苏州府、苏松道、常镇道、按、抚两院的批文等。附有“开荒申”一篇。

2. 卷二为全县急缓河岸坝闸总目。列有急浚河214道，缓浚河67道，每条河流经的区、里，开浚的长、阔、深及土方量，都一一列出。列有急筑岸146圩，缓筑岸238圩，每圩所需筑的长度，工程量多少也一一列出。列有急筑坝28条，补筑坝1条，应建闸33座，补修闸2座。以上工程都注明了官修还是民修。

3. 卷三至卷十为全县河圩水利图说。全县共分85区，每一区要浚筑的河浦、圩岸一一列出，每区画有水利图，如有圩岸坍塌要修筑的，还画有圩田图。每一个图都写有说明，“凡地形高下之宜，水势通塞之便，疏瀹障排之水，大小缓急之序，夫田力役之规，官帑补助之则，经营量度之法，催督考验之术，一一条画”。以致“区里利害之殊，土性肥瘠之异，钱粮轻重之等，田野荒熟之故，风俗淳浇之由，形势险夷之辨，无不备具”[39]。另外，在每区的河圩后面附有该区原额田和开荒田的田亩数。

4. 全书最后为附录二卷，是县主簿王化、张以正等抄录的有关兴修水利的书文。内容有按院、抚院、苏州府等上级发布的水利府帖，常熟县给上级的水利申文，在全县发布的水利告示，县公正里排乞浚塘浦的呈子，给全县缙绅书及他们的回书，颂扬开浚塘浦的碑文等。

特别要提出的是，在卷一《大兴水利申》中，载有经耿橘系统总结的浚河筑圩治理技术措施，这就是《开河法》及《筑圩法》两文，最被人们所看重。

《开河法》共九条，集中论述以下三个问题：

1. 劳力来源及报酬发放的办法。耿橘认为用钱粮招募民工，要“重其值”，否则难于招募，所以较好的办法是“照田起夫，量工给食”，即不论官修、民修工程，都按照田亩多少出人工，并且田亩不再分等第，“通融验派”。这样富室田多，所出劳力亦应当多，此举有助于纠正贫户差重役繁的现象。这一办法，耿橘称之为



"水利不论优免"。如是官方出资的工程，则按民工完成工程量的多少发给报酬。

2. 开河中的组织管理工作。民工分工段组织，每工段长百丈，设百长一名；长千丈，设千长一名。千长催百长，百长催小夫，水利官专督千、百长，县官经常亲诣稽查。当时还订有赏罚和验收章程，以赏勤罚惰，确保工程质量。

3. 施工中的技术操作要求。耿橘认真地进行了考察总结，得出一些更加合乎水工原理的方法。如分土方工段计算土方数量时，不以地面为准，而以水面为准算开挖深度，这样挖出来的河段河底平顺，水流能够通畅。又如堆土方法，耿橘指出浚河的土不许于近便岸上抛土，否则"一遇天雨淋漓，此土随水流入河心"，他提出了多种合理的堆土方法。再有深浚河浦，干、支河一齐疏浚的原则，方法是干河甫毕，刻期疏浚支河，还安排了干、支河放水的步骤，可不劳人力。"干支河齐浚"针对了当时浚河中的流弊，至今尚有积极意义。

《筑岸法》共五条，依次叙说了与筑圩相关的五项技术要事。

1. 筑围岸。对筑围岸的重要性，耿橘引老农之言，要"种田先做岸"，因"低田患水，以围岸为存亡也"。他论述了圩岸及其子岸的作用："有田无岸，与无田同。岸不高厚，与无岸同。岸高厚而无子岸，与不高厚同。"他将围岸以难易程度分为三等：一等难修，为从水中修筑，没有基础，又两水相夹，易于浸倒，须用木桩，再夹上竹笆，或用石块砌筑。二等次难，为平地筑基，比一等易筑。三等易修，为原有古岸，而后稍为颓塌，只要花费修补之力，筑法为"水涨则专增其里，水涸则兼补其外"。

2. 筑戗岸。耿橘认为戗岸做法，要在圩内仔细分别地势高低，随其地势截筑小岸。在高田外缘开沟取土，堆土低田外沿筑岸，"内岸既成，外沟亦就"。其功用在于，外沟受高田之水，使不内浸，内岸卫护低田庄稼，避免外水浸入。遭水时可以分区抢救。修筑戗岸亦依难易程度分为三等。这样通过筑戗岸在圩内实行高低地分隔，分区分级控制。

3. 圩区的治理。针对当时常熟圩田面积过小，耿橘主张联圩并圩，做法是："围外依形连搭筑岸，围内随势一体开河"。根据地形、河道情况灵活掌握联圩并圩的大小。要求所筑围岸、戗岸必须符合规式；为解决圩内旱涝，应开河渠；圩河口建闸，旱时启闸引灌，涝时闭闸拒外水以入。耿橘赞成在泾浜圩河口建小闸小堰，不赞成建港浦大闸，认为港浦大闸建于江海口，地多旷廓，难于守御，而且水道迁徙难存，花费资金巨大，故耿橘强调联圩并圩后在内外河道交叉处建闸。这样通过筑围岸戗岸、开河渠、建闸，可以做到高低地分开，内外水分开，也易控制地下水，使圩区形成一个引、蓄、灌、排自如的水利系统。

4. 筑岸及取土法。耿橘强调堤岸要筑得坚实，指出了施工的顺序和要求，并列出了六种不同的取土方法。

5. 民修河圩的资金劳力安排。可按"业户出本，佃户出力，自佃穷民，官为出本"的原则办理。

可见，《常熟县水利全书》是太湖地区规划和治理一县水利的专书。此书详细记载了万历三十三年、三十四年兴修水利时规划、报审、施工和验收的全过程，还记载了工程的缓急，劳力的组织，水利经费的来源和开支，开垦荒田等许多情况。



对了解明代太湖地区地方上如何兴修水利，治理情况和浚河筑圩技术水平有相当大的参考价值。书中还吸取前人浚河筑圩技术经验，结合当时的水利施工技术，将浚河筑圩技术系统地进行了总结，论述翔实，将筑圩技术提高到一个新的水平。这一成果影响突出，以后许多农书、水利书和地方志都加以引用和登录，如《农政全书》就全文征引，单独列为一卷，还流传到湖南洞庭湖圩区，如道光元年《澧州直隶州志》就记载有此书的"筑岸法"。再就是全书图文详尽，全县八十五个区，每一个区都有图有文，这些图文是在实地踏勘调查的基础上绘制而成，既便于当时的水利施工，也有利于后人对圩田水利的研究。

四、《海塘录》

《海塘录》，清代翟均廉纂辑，记海宁、海盐、杭州一带海塘事。乾隆二十九年（公元1764年）编成，记事以清代史料为主，叙事亦至乾隆二十九年。先列"诏谕圣制"于卷首，载康熙、雍正、乾隆皇帝有关海塘的谕旨。下为正文26卷，分为9类，包括图说一卷、疆域一卷、建筑四卷、名胜二卷、古迹二卷、祠祀二卷、奏议五卷、艺文八卷、杂志一卷，共约26万字。

记述海塘工程技术集中在卷一图说部分。首先载有海宁、海盐、杭州三地的海塘布置图，又有江塘图和引河图。其次载有土备塘图、柴塘图、皇朝鱼鳞大石塘图、土戗图、条石坦水图、草盘头图、切沙图、尖山石坝图、木柜图、竹络图、明坡陀塘图、明五纵五横鱼鳞图等十余幅图，每图下记载各种塘工的创始、作用和筑法，记述的筑法尤为详细。史料有源于实录档案者，亦有辑自史志笔记者。对史料中存在的谬疑之处，以按语方式予以辨析考证。"名胜"、"古迹"辑录沿江、沿塘有关的山、石、港、浦、楼、塔、亭、轩等，从中可了解江岸与塘线的历史变化。"艺文"占全书四分之一篇幅，对江道形势与海塘修筑，有考有辨，有记有议。此书概括形势，统叙源流，详记塘工，广收博考，因此，成为研究浙西海塘工程技术的必备参考书。

《海塘录》原为钞本，收入《四库全书》时，又在卷首增补了乾隆三十年（公元1765年）、乾隆四十五年（公元1780年）、乾隆四十九年（公元1784年）的诏谕和诗作。

翟均廉之前，还有几篇名称差不多的论著，如元至正年间余姚州判叶恒的《海堤录》、明嘉靖年间浙江水利佥事黄光升的《筑塘记》及明万历年间海盐县学教谕仇俊卿的《海塘录》等，分别记述当时当地的塘工修筑史实，所记工程技术也很有价值，但篇幅都不大。翟均廉的《海塘录》则搜集资料多，在海塘专著中甚有特色。

参考文献

〔1〕《明史》卷二二三《徐贞明传》。

〔2〕徐贞明：《亟修水利以预储蓄酌议军班以停勾补疏》，载《明经世文编》卷三九八。

〔3〕下引《潞水客谈》，载徐光启：《农政全书》卷一二《水利》。

〔4〕《日下旧闻考》卷五引《赐闲堂杂记》。



〔5〕《明史》卷八八《河渠志六》。

〔6〕清·朱云锦：《书〈潞水客谈〉后》，丛书集成本。

〔7〕王重民辑校：《徐光启集》序，上海古籍出版社，1984 年。

〔8〕明·徐光启：《复太史焦座师函》，载《徐光启集》卷一〇，上海古籍出版社，1984 年。

〔9〕明·徐光启：《农政全书》王大宪序。

〔10〕明·徐光启：《农政全书·凡例》。

〔11〕明·徐光启：《农政全书》卷一三《水利》。

〔12〕明·徐光启：《农政全书》卷一四《水利》。

〔13〕明·徐光启：《漕河议》，载《明经世文编》卷四九一。

〔14〕明·徐光启：《农政全书》卷九。《垦田疏》原是徐光启崇祯三年（1630 年）所上《钦奉明旨条画屯田疏》中的“垦田第一”部分。

〔15〕明·徐光启：《农政全书》卷一二《水利》，下同。

〔16〕明·徐光启：《家书墨迹》第七通。

〔17〕明·徐光启：《农政全书》卷二五《树艺》。

〔18〕明·徐光启：《农政全书》卷一四《水利》。

〔19〕《徐光启手迹·农政全书手札》，中华书局，1962 年。

〔20〕《徐光启手迹·农政全书手札·粪壅规则》，中华书局，1962 年。

〔21〕明·徐光启：《农政全书》卷一二《水利》。

〔22〕明·徐光启：《农政全书》卷一三《水利》。

〔23〕明·徐光启：《农政全书》卷一六《水利》。

〔24〕明·徐光启：《农政全书》卷一七《水利》。

〔25〕《四库全书总目》卷一〇二《子部·农家类》。

〔26〕载《农政全书》卷一六，此原是徐光启于崇祯三年（公元 1630 年）所上《钦奉明旨条画屯田疏》中的“用水第二”部分。

〔27〕清·符曾：《陈学士家传》，载《畿辅河道水利丛书·陈学士文钞》。下文不另注出处的，皆引自该文。

〔28〕《清史稿》卷二九一《陈仪列传》。

〔29〕清·陈仪：《直隶河道事宜》，载《畿辅河道水利丛书·陈学士文钞》。

〔30〕清·陈仪：《四河两淀私议》，载《畿辅河道水利丛书·陈学士文钞》。

〔31〕清·陈仪：《文安河堤事宜》，载《畿辅河道水利丛书·陈学士文钞》。

〔32〕清·陈仪：《直隶河渠志·永定河》，载《畿辅河道水利丛书》。

〔33〕清·吴邦庆：《畿辅河道水利丛书·畿辅河道管见》。

〔34〕清·吴邦庆：《畿辅河道水利丛书·陈学士文钞》。

〔35〕张勋燎：《四川理县出土的一部明代水利著作——童时明的〈三吴水利便览〉》，《文物》1974 年第 4 期。

〔36〕马宗申：《中国古代农学百科全书——〈授时通考〉》，《中国农史》1989 年第 4 期。

〔37〕明·耿橘：《常熟县水利全书》附录卷上“覆议修浚水利府帖”。

〔38〕张芳：《耿橘和常熟县水利全书》，《中国农史》1985 年第 3 期。

〔39〕明·耿橘：《常熟县水利全书》，卷一《大兴水利申》。



第五编
传统灌溉工程技术的继承和发展

中国几千年来积累了丰富的传统灌溉工程技术经验，这些传统工程技术是我国人民在实践中自行创造的，适应了各地的自然地理条件，因地制宜，类型多样，成就突出。那么在现代科技迅速发展的今天，传统工程技术还有其一席之地吗？回答应该是肯定的。实际上传统技术不少已融化在现今诸多灌溉工程技术之中，即传统工程技术在多方面已传承下来了，当然我们的继承不是单纯“照搬式”的继承，而是必须吸取其精华，结合今天的现实和实践，加以发展，这样就赋予传统工程技术以新的生命力。另外，还可从传统工程技术思想中得到启迪，吸取历史经验教训，调整规划和设计思路，以取得突破性的成果。

1949 年新中国成立以来，我国传统灌溉工程技术在许多方面得到了继承和发展，其中尤其在传统灌渠工程技术、传统塘堰和开发地下水流工程技术、传统圩垸水利工程技术、传统海塘工程技术等方面最为突出。同时对流传在民间的传统经验也重视总结，加以改造推广。这些传统水利工程技术运用的推广，为社会经济的发展起了不小的作用。



第一章
传统灌渠工程技术的继承和发展

我国在上古三代时已产生沟洫工程技术，战国时建造大型灌渠工程的技术已甚卓越，以后在全国各地因地制宜，规划兴建了大、中、小不同类型数以万计的灌渠，积累了丰富的技术经验。新中国成立以后，许多灌区重视继承和发展传统工程技术，如都江堰灌区认真总结了兴建无坝引水灌溉渠道的传统技术和传统施工技术经验。水利部和水利水电科学研究院组织人员对溢流过水土坝的传统技术进行研究和推广，取得实质性的突破。又渠道防渗技术方面各地多利用当地材料，发展传统技术。利用多泥沙河流水土资源的淤灌和放淤事业亦大为发展，各地在传统淤灌和放淤的基础上，进一步加强研究，技术得到很大提高，并成为水土保持的一项重要措施。

第一节　传统渠首工程技术

一、传统渠首工程技术经验

对于一个灌区来说，渠首位置的选择，以及渠首建筑物的布置是关系整个灌区全局的最重要环节，直接影响到能否按要求从河道中引进所需的流量。渠首一般分无坝取水和有坝取水两种方式。当河道的水位和流量能满足取水的要求时，不需要建坝抬高水位或形成水库调节水量，则采取无坝取水方式。公元前256年至公元前251年，在四川省岷江上建成的规模宏大、举世闻名的都江堰工程渠首，即为无坝取水灌溉渠首。历史上宁夏引黄灌渠也都建成无坝引水渠首。当修建闸坝抬高水位或从水库取水，这样的渠首为有坝取水。早在公元前453年，在山西太原修建的引晋水的智伯渠，即为有坝取水灌溉渠首。

（一）无坝引水渠首

目前，无坝引水渠首因工程量省，仍较多地采用。一般在河道水量较丰富，引水比不大，水位和河势能满足引水要求的灌区河道上布置。传统经验在多沙河流上引水常采用多首制取水，一是便于轮流进行清淤，二是能适应水流的不稳定性。一首制及多首制取水又可分有闸及无闸取水两种方式。无闸取水，工程简单，但不能控制进流量和进沙量。因此，如条件允许，一般都建有进水闸。为增大入渠流量，减少入渠泥沙，在规划无坝取水工程时，要正确选择取水口的位置。一般渠首位置皆选在河道凹岸顶点的偏下游处，这样引取表层的清水多，又减少了粗沙入渠。防沙冲沙的设施有侧向溢流堰和冲沙闸等。为改善引水条件，许多灌渠在渠首建有导流堤，用以壅高水位，导引主流入渠，提高引水比。对于无坝引水渠首的进水闸、冲沙闸和导流堤三个组成部分的关系，灌区群众称之是：“坝是长手，闸是嘴，伸着脖子去喝水。”[1]

都江堰灌区，在长期的岁修管理中，积累了丰富的引水、防洪和排沙经验[2]，而防御洪水和清除泥沙是世界水利学界公认的两大技术难题，都江堰却破解了这些



难题，创造了世界水利史上的奇迹。其经验主要在以下几个方面得到继承：

1. 广泛利用鱼嘴分水分沙和飞沙堰旁侧溢流堰泄洪排沙的工程布局，这一技术在灌区各分水口得到广泛应用。如 1962 年修建的锦水河分水工程，在蒲阳河石坝子引水处，先在河中心修筑鱼嘴，将蒲阳河分成左支青白江，右支锦水河。汛期蒲阳河洪水流量为 800 ~ 1200 立方米/秒，锦水河可分洪 300 ~ 400 立方米/秒，而锦水河分干渠只能进 50 立方米/秒，所以多余的水量由设在鱼嘴以下 600 米处的溢流堰泄回青白江。其工程布局与都江堰渠首工程的格局很相似。见图 5 - 1 - 1 - 1。

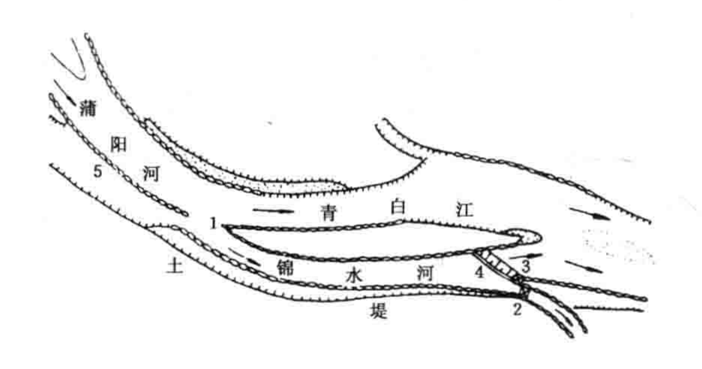


图 5 - 1 - 1 - 1　锦水河分水工程示意图

（采自《都江堰》）

1. 鱼嘴　2. 进水闸　3. 冲沙闸　4. 湃水坝（溢流堰）　5. 顺水堤

鱼嘴上游的顺水堤，相当于渠首的百丈堤，其作用是调整河道；锦水河口布置在凹岸，可以少进沙；鱼嘴的位置使所分成的两个河口的宽度，符合分流比的需要；湃水坝（溢流堰）和冲沙闸相当于飞沙堰的作用；进水闸相当于宝瓶口。始建时用木桩竹笼修筑鱼嘴，用竹笼卵石修筑溢流堰。现都已改为浆砌卵石结构了。运行 20 余年来，锦水河口一直没有淤积。

2. 进水口设在凹岸，引取清水。利用弯道环流现象，把进水口设在河道的凹岸，引取清水，是都江堰灌区为防止推移质入渠常采用的布置形式。如 1962 年所建的蓥水河引水工程，这一灌渠从蒲阳河平闯口的右岸引水，设计引水流量为 4 立方米/秒，蒲阳河 20 年一遇洪水流量为 1150 立方米/秒，引水比例很小，所以采用无坝引水。工程布局从河湾起点筑弧形导水堤，形成较稳定的凹岸，堤的末端与河心洲间留下 20 米宽的引水口，以堰流形式取水。再于老岸建两孔进水闸，每孔净宽 2 米，闸前下游一侧筑低坝，即在老岸与江心洲间筑拦水坝，以提高水位，壅水入渠，也有利于导水堤的安全。推移质沿主河槽左侧凸岸排往下游，进水口一直没有被淤。见下页图 5 - 1 - 1 - 2。

3. 壅水沉沙，不让粗沙进田。都江堰灌区因地形坡度较大，渠道流速也较大，因此，进入农、毛渠的水中仍含有部分悬移质。为了防止 0.05 毫米以上的粗粒泥沙进入农田，灌区群众在斗、农、毛渠上修建壅水堰，让粗沙沉积于斗、农、毛渠内，减少入灌水沟泥沙。一般进水口高于上级渠道底部 0.3 ~ 0.4 米。灌水以后，开启壅水堰闸板，将沉下来的粗沙冲走。见下页图 5 - 1 - 1 - 3。

四川省无坝引水工程修建甚多，据今人调查研究[3]，四川灌渠的无坝引水口，



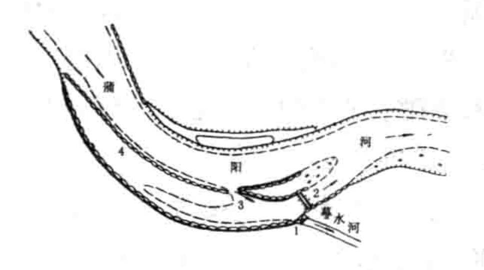


图 5-1-1-2　薹水河引水工程示意图

（采自《都江堰》）

1. 进水闸　2. 拦水坝　3. 引水口　4. 顺水堤

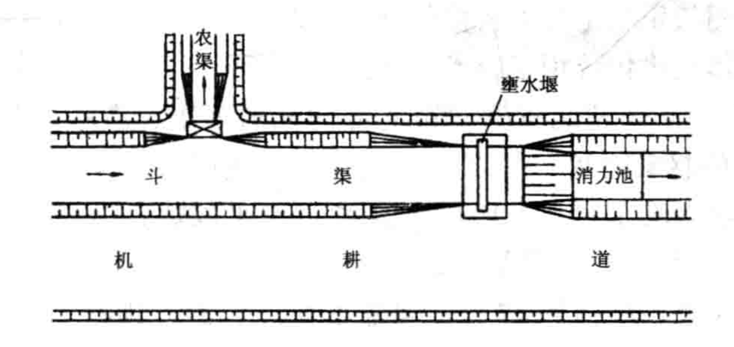


图 5-1-1-3　壅水沉沙示意图

主要根据弯道的水下地形情况，一般选在河床最深、河岸稳定的地方。据统计分析，取水口一般离弯道起点为河宽的 2～4 倍（据河道演变规律及环流理论，取水口最好选择在弯道凹岸顶点的下游，离弯道起点为河宽的 4～5 倍）。四川无坝引水角的大小，主要考虑地形地质条件及渠道走向，尽量减小引水角，这样水流顺畅，水流对渠首的冲击力较小。四川无坝引水角一般为 10°～50°。利用弯道凹岸取水，引水角要大一点；导流堤式取水角一般较小，特别是利用沙滩作导流堤引水角更小，几乎成为正面取水。取水口位置要选在稳定的弯道凹岸上，必要时可进行河道整治工程。取水口渠底高程一般比河床底高 2 米左右为好，这样在横向环流的作用下，可使大部分底沙流向凸岸，大大减少泥沙入渠量。导流堤式引水，在进水闸旁最好设一泄水冲沙闸（堰），其与进水闸之间应有一适当的角度，以形成横向环流，使进水闸取得表层水，底流的大量泥沙流向冲沙闸，以使引水渠连续正常运行。关于四川无坝引水分流比及分沙比情况：据统计分析，四川无坝引水工程引水比在枯水期（11～12 月，1～4 月）一般都较大，特别是在弯道凹岸取水，条件优越，布置恰当，其分流比可大于 40%～50%。这是因枯水期四川河流基本上无推移质，悬移质泥沙含量也较小，一般平均含沙量为 0.01～0.1 公斤/立方米。洪水期流量很大时，其引水比就变得很小，分沙比也显著减少。四川省无坝引水工程技术是在都江堰无坝引水工程技术的影响下发展的，这是毫无疑问的。

（二）有坝引水渠首

有坝引水渠首，重要的工程是兴建壅水坝或拦河闸。传统技术所筑的坝一般为土石坝、堆石坝和砌石坝。建筑材料采用土、石料或用木框、竹笼装石料。所筑壅水坝高程较低，枯水期抬高河道水位以满足用水要求，洪水期由坝顶宣泄洪水，故



此坝亦称溢流堰或滚水坝。古代所筑堆石坝和石囷坝坝体中有缝隙，仍有少量河水从坝体中渗出，此类坝防渗要求不高。另外，还创造了拦河坝与闸座结合的形式，如宋代所建福建莆田的木兰陂，在坝上设 32 座闸控制泄流，比坝顶无控制溢流工程在技术上有很大进步。

1949 年新中国成立后，在水利水电事业建设中，坝工建设有很大发展，到 1990 年已经修建了 82900 多座水坝。在这些大坝中，土石坝占绝大多数，已建的 2680 多座 30 米以上的高、中坝（坝的用途包括引水、蓄水、发电等），土石坝约占 80%，砌石坝约占 14%，混凝土坝约占 5%[4]。采用土石坝可以利用当地材料，节省工程量，这是我国最早修建，并得到广泛应用的坝型，目前在中低坝中仍大量采用土石坝，说明传统坝工得到较多的继承和发展，特别是对过水土坝的研究和应用，成绩较大，体现出传统坝工技术持久的生命力。

1. 过水土坝。在今湖北省荆门市北部的仙居河上，有一座建于同治十三年（公元 1874 年）的赵家闸灰土护面过水土坝[5]。该坝由当地乡民修建，建成一百多年来，经历无数次洪水过流，1935 年坝顶过流水深达 3.9 米，未被冲毁。大坝至今依然完好，使两岸 3000 亩农田受益。

赵家闸坝高 8 米，坝顶长 47 米，基础为板状砂岩，坝身由黏土夯筑，外包 1 米厚灰土夯筑层。这种由夯实黏土外包灰土保护层作为河道滚水坝的独特筑坝方式，不仅国外未见报道，在我国也是极少见的。这种坝型有明显的特点：（1）整个滚水溢流面无接缝，不透水，使得过坝水流平顺。（2）水头较小，坝体建在坚硬的砂岩基础上，虽没有做消能工和坝坡排水设施，但坝体没有破坏和渗漏现象。（3）材料经济合理。黏土夯实后作坝体，降低了造价，灰土作为外包层能充分发挥耐冲抗磨的优点。灰土比重与黏土比重接近，二者层间结合良好，从而能有效地防止裂缝。（4）就地取材，施工方便，造价低廉。灰土的材料用灰、土及米汁捣成，清代时称为“三合土”。工程施工组织当地村民进行，故而造价较低。

当地根据历次维修此闸的传统方法，总结出施工工艺的要领八句，即“堵河开河，清基选基，选料配料，拌和拌活，夯实夯湿，盖草盖席，坝成满月，方算完毕”。所指含意：

“堵河开河”——指作围堰和开挖导流渠，用围堰的方法分段分期施工。

“清基选基”——开挖并清洗河床，使坝基坐落于坚硬的岩基上。

“选料配料”——选取黏土，打碎平铺；石灰熟化，过筛取粉。先干拌，后加水湿拌。

“拌和拌活”——将灰土配料充分拌和均匀，再检测灰土含水量，以“手握成团，落地开散”为适宜标准。

“夯实夯湿”——将拌好的灰土铺上坝，用石片碗夯击套压，至灰土“出汗”为止。层踩层夯，直至坝成。

“盖草盖席”——随施工随盖草席，并在席上糊泥，防止灰土干裂、脱壳和受雨、冻、晒、风的影响。层层加高，层层加盖。

“坝成满月，方算完毕”——坝成养护满一个月后，才算完工。

赵家闸过水土坝不仅讲究施工工艺，还有一套严格的管理制度，所以使容易遭



受冻融风化破坏的灰土护面工程，一直能够久存。这可从矗立于坝头右岸的《赵家闸修管碑》中得到反映。碑文规定了闸坝集资兴建维修的办法，放水用水的原则，管水人的职责等。该闸年年有小修，隔 8～10 年再加厚大修。1962 年当地政府在灰土护面上用水泥浆砌石包护，并增做了两岸翼墙，基本消除了剥蚀，减少了维修量。见图 5－1－1－4。

除赵家闸外，百余年前兴修的过水土坝还有湖北荆门黄鲍闸。此闸建于 1859 年，坝高 5 米，1935 年大水堰顶水深达 3.9 米，未冲毁，至今仍安全运行。还有山西平遥梅槐头、黎基坝等也是过水土坝。这些坝都较低，只有 5～10 米高。

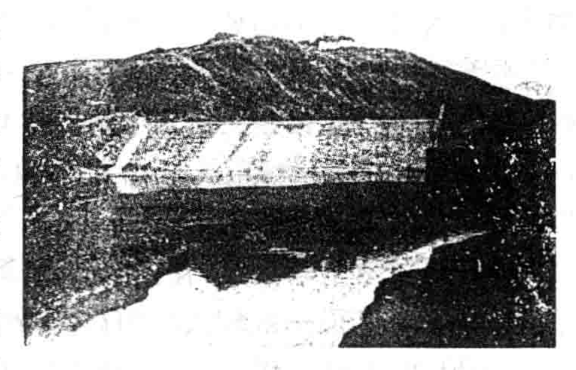


图 5－1－1－4　湖北荆门赵家闸过水土坝

（采自《中国水利》）1990 年第 3 期

受古老过水土坝的启示，1958 年，清华大学应届毕业生组成过水土坝设计组，对过水土坝进行了研究，他们放弃了国外采用的土坝透水面板的研究途径，进行不透水面板的试验。试验证明此种过水土坝[6]：（1）板下无浮托力，过水时板上荷载使板趋于稳定；（2）水流平顺，脉动值小；（3）面板下坝体是自然含水量，面板及土坡的稳定性好，坡度基本上可以和非溢流土坝相近；（4）反滤层也比透水面板有所节省。但要达到这些目的，必须保证面板确实不透水，坝体浸润线尽量降低，并重视下游消能，以免淘刷坝脚和坝基而危及坝身。

1975 年 8 月，河南发生暴雨，使 19 世纪 50 年代治淮工程中建成的两座水库——板桥和石漫滩土坝漫顶。于是土坝过水问题被再度提起。水利水电科学研究院对许多省市进行土坝过水的调查，发现 1958 年后不少地方按清华大学的办法修建的过水土坝，经多年洪水考验，运用良好。从 1975 年起，吉林、安徽还修建了沥青材料护面的过水土坝。1980 年 10 月，水利部委托吉林省召开土坝过水经验交流会，将各地经验进行交流。

水利水电科学研究院统计的十省市 23 座过水土坝，这些坝大体可分为三类：一是具有古老历史的灰土过水土坝；二是 1958 年前后到 19 世纪 60 年代初修建的混凝土或浆砌石护面的过水坝；三是 1975 年以后修建的沥青材料护面过水坝。第一类坝抗冲能力小，故坝低，单宽流量小；第二类坝成功的多，条件是要有良好的排水条件，降低浸润线。但坝高仍然较低，这是因刚性材料适应不均匀沉陷的能力差。第三类沥青材料（碴油沥青混凝土、沥青混凝土、沥青砂浆）在正常温度下是黏弹性材料，做护面整体性能好，具有较强的适应沉陷能力，而且也具有较强的抗冲能力，其缺点是高温下流淌和低温下冻裂的问题皆未完全解决，但应用此材料使过水土坝的高度有了增长，目前最高的过水土坝已达 31.5 米[6]。

1983 年水利水电科学研究院在室内试验的基础上，先后在山西省岚县上明水库和内蒙古东胜市武家沟建起两处灰土水泥土过水土坝，经历数年风化冻融和几次较大洪水的考验，工程完好无损，节省工程造价三分之一以上。可见，我们祖先创造的灰土溢流坝具有很大的现实意义。据了解，国内已建成的各类坝中，90% 以上



是土坝，而其中66%没有泄洪建筑物，因此，让土坝的一部分过水，或在已建成的土坝上加修溢洪道，也是很现实的课题。故而传统的过水土坝工程技术仍有发扬之必要。

2．堆石坝。堆石坝同土坝一样，也是一种历史悠久的坝型，新中国成立后，修建了大量的中小型堆石坝。和土坝一样，建筑堆石坝可以节约宝贵的钢筋、水泥和木材，在土少石多的地区，堆石坝一直得到广泛的应用。

据研究，我们认为这种坝型的优点是：（1）可以就地取材，适于多石料的山区修筑。（2）施工不受季节限制。（3）结构简单，施工方法易为群众所掌握。（4）当承受较大的地震力时，坝体不致遭受毁灭性的破坏。（5）坝的建筑有时可以不用围堰，而采用水中砌石的方法。

新中国成立后较长时间内堆石坝修筑方法采用抛填、码砌等方法筑成，为达稳定的要求，其断面一般较大，用石料较多，有一段时间曾认为堆石坝是不够经济的。至20世纪50年代，出现了利用定向爆破山体而形成堆石坝体的新方法。60年代后期起，随着振动碾等重型碾压机具的出现，兴起了密实度较高的碾压堆石坝[1]，满足了防渗稳定要求，并在堆石坝内设置防渗斜墙，或心墙和斜心墙。材料包括黏性土、钢筋混凝土、沥青混凝土、钢板和塑料薄膜等。

堆石坝对地基的要求比土坝高，但低于混凝土坝。现代碾压堆石坝可以全面机械化施工，能缩短工期，节省造价和水泥钢材等，由于传统技术的改进，堆石坝在现代高坝数量中的比重有逐渐增大的趋势。

二、传统施工技术

传统施工技术以宁夏引黄灌区的草土工程和都江堰的杩槎、竹笼、干砌卵石等工程最具特色。

（一）宁夏引黄灌区的草土工程

宁夏引黄灌渠，在1960年青铜峡枢纽建成以前，均为无坝引水，灌区普遍使用草土筑坝，应用于各种渠道工程。元代宁夏水工修筑埽工已很出名。《元史》卷六六《河渠志三》载：至正十一年（公元1351年），贾鲁堵筑黄河白茅堤决口时，“两岸埽堤并行，作西埽者，夏人水工，征自灵武；作东埽者，汉人水工，征自近畿”。灌区千百年来，每年春季维修，用草土封堵渠口，涸干渠水，再进行修浚；还用草土修筑渠河护岸，桥、涵、闸、斗和护坡；以及修筑临时性的拦水坝等工程。新中国成立以来，宁夏引黄灌区的草土工程，在各地大型水利水电围堰工程上相继使用。如1956年修筑甘肃省兰州市供水厂，其进水口黄河围堰工程首次使用草土工程。之后，刘家峡、盐锅峡、青铜峡、三盛公、陕西省石泉石门电厂汉江进水口围堰、浙江省黄坛口电站护坦围堰、1979年援非洲建马里电站护坦围堰等，都取得了成功，且费用省，进度快。

用草土封堵渠口，俗称“埽坝”，又称“卷埽”，今名“草土围堰”，是劳动人民长期在引黄灌溉中积累下来的宝贵技术经验。宁夏灌区大量用来封堵渠口，以便修浚渠道。它具有就地取材，造价低，技术简便，施工快，稳定和防渗漏性好，抗震性强，对基础清理要求不高及拆除容易等优点。以往对其操作技术、施工方法，缺乏系统的总结。新中国成立以后，由于宁夏引黄灌区的草土工程在各地大型



水利水电围堰工程上多有使用，因此，人们对这一技术经验进行了总结[7]。其要点如下：

根据不同的自然条件和施工方法，草土工程的结构形式有：散草、捆草、埽捆三种施工方法。散草施工，适用于流速小于1.5米/秒，水深不超过3米的岩石和卵石河床。埽捆施工，费工较多，渗漏亦大，可用于水深10米左右的急流中的堵口、抢险、合龙等工程。捆草（又叫捆柴）施工，使用较广泛，在流速3米/秒左右，水深8米以下的卵石或砂砾石河床常使用。据各地使用经验，当水深不超过6米，流速不超过3米/秒，不是纯沙（流沙）基础，草土围堰施工是有把握的。否则，采取固定河床、减弱流速等措施仍然可以使用捆草方法进行施工。

施工前要备足草料、土料和捆柴绳。草料主要用麦柴和稻草。土料用一般壤土即可，干湿度以手握紧成团，掷地散开为宜。冻土、干土、含有较多砂砾石和有机物杂质的土不宜使用。捆柴绳选用稻草作成，绳长一般为水深的三倍，直径5~7厘米，然后捆捆草。其单个草捆做法，先用两道细草绳把散草捆成紧密的草捆，长度为1.2~1.8米，直径为30~70厘米，重量为6~8公斤。捆捆草的做法：两人为一组，将两个单个草捆靠紧、压扁，用捆柴绳从中间捆紧，绳扣作成活扣，绳头留出长20~30厘米，余下的一截长拉绳，收拢盘放于捆草上，堆放在草场外近围堰空地。

草土围堰的施工方法：先要将河岸（土岸）处开挖成40°左右的深槽，宽度和堰宽相等，深度比水面低0.5~1米，插入河岸长5~10米，清除冻层和其他杂物，然后在基面上铺厚约20~30厘米的散草，厚约30厘米的黏土，夯实。岩石河岸，用草土垫成斜坡后，即开始压捆草。压草捆时应先控制堰体两边（迎水面一边为上拐，背水面一边为下拐），以保证堰体的宽度和方向。第二层捆草应压在第一层捆草上，捆草间互相搭接，依次排列，捆草之间应对齐压紧，每排捆草都应形成一个相互联系，彼此制约的整体。当捆草压到要求的厚度时，即在捆草上面铺层散草，厚约20~30厘米，须厚薄一致，然后在上面立即铺土，厚约20~40厘米，土层应铺匀夯实。堰体合龙时，当堰体两端水面距离1.5~2米时，停止压捆草，改用散草和土分层填实加高，出水后立即夯实。合龙地点选择在流速较小的地方，设法减小合龙处内外水位差，并把两头适当错开。然后及时把围堰加高到设计高程。这些都是当地群众经验的总结，这一传统的草土工程技术今后仍将继续发挥其作用。

（二）都江堰灌区的传统施工技术

都江堰灌区历年维修管理都采用传统的杩槎、竹笼、干砌卵石、木桩、羊圈等工程技术。它的优点主要能就地取材，技术简易，施工方便，投资节省。一般应用于截流分水、筑堰护岸、抢险堵口、整治河道、维修渠道、保护桥闸堤堰等工程[2]。如目前都江堰灌区截流工程仍用传统的截流方法，用的是杩槎、竹笼、卵石和黄泥，岁修时内江截流合龙只需四十多分钟。这种截流方法人们认为是一种生态型的截流技术，无机械的嘈杂声，体现了人与自然的和谐相处，而且经济、合理、安全。

1. 杩槎。都江堰灌区采用杩槎用以岁修截流，调剂内外江、干支流的分流比，



还用以抢险堵口、整治河道等。

杩槎分为支架和拦水两部分。

支架是用竹绳将三根木料捆绑而成鼎足形，以前用桤木、麻柳等硬质木，梢径 18～24 厘米，1960 年以后多用杉木代替，梢径为 28～30 厘米，长 6～9 米。迎水面两根脚料形成的面，称“罩面”，背水面一根称“箭木”，三根脚料的上端称“杩脑顶”。在脚料约二分之一高度处加绑横木，称“盘杠”，以固定杩槎三角形状和作压盘的基座。盘杠上加捆横木，称“压盘木”。再于压盘上置竹篼，内装满卵石作为压重，以稳定杩槎，防止被水的浮力和推力所倾覆。

拦水部分是在“罩面”前依次安放檐梁、签子、花栏、捶笆、蕈席，最后倒土筑埂。檐梁为罩面间互相连接的横梁（称顺木），长 4～7 米，梢径 10～15 厘米，根数视水深和流速大小而定。檐梁外竖向排列的木棍称“签子（木）”，间距约 20 厘米，长度以高出水面 0.5～1 米为宜。檐梁、签子多使用杂木。签子外面置方眼竹篱一层，称“花栏”（现已省去这道工序）。其外再放一层“捶笆”。捶笆外面再贴一层垫席，以减少黏土的损耗。捶笆用竹片编成，而垫席用竹篾编成，网眼较密。然后沿垫席外倒黏性土筑埂，最后拦住水流。土埂顶宽 0.5～0.8 米，埂顶露出水面约 0.5 米。土埂内应加 20%（体积比）的卵石或块石，石料每块重 10～30 公斤，这可增加土埂的稳定性。见图 5－1－1－5。

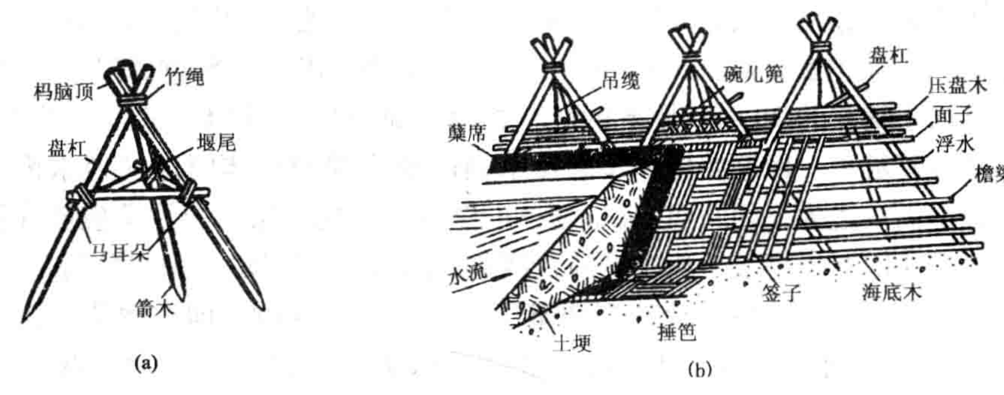


图 5－1－1－5 杩槎结构示意图

（采自《都江堰》）

当河水较深时，檐梁受力大，为防止檐梁变形和断裂，在背水面安设木料支撑，长度 2.5～3 米。一般设置上下两排，上排撑在与上游水位齐平的位置，下排撑在与下游水位齐平的位置。每栋杩槎一般打 2～4 根撑子。

杩槎在河中排列的间距，根据水深和流速而定，水深流急，间距宜小，水浅时，杩槎间距可稍大，一般交叉 1～1.5 米。都江堰渠首截流用的杩槎，一般内江河口需 60 余栋，外江河口需 50 余栋。

对于杩槎的绑扎、安放、维护、拆除等亦形成一套技术经验。

都江堰的“杩槎”，每年岁修时都要在内外江安放，其优点非常明显：（1）就地取材。利用当地的竹、木、卵石和黏土四种材料，而且大部分木料可以回收再利用。（2）施工期短。都江堰岁修只能利用冬季停灌期间进行，时间紧，绑扎使用杩槎能在 30 余天内将 100 多米宽的内江或外江完成截流，而用其他截流办法很难做到。（3）用途广泛。杩槎不仅可以截流，调节水量，还可作临时围堰，搭设便



桥，以及防洪中封堵缺口之用。（4）拆除方面。岁修工程完成，需要开堰放水时，拆除杩槎只要砍断捆绑杩脑顶上的竹绳，并用大绳拉倒，杩槎就自行解体，拆除工作只需二三天时间。

2. 作笼。竹笼装石工程技术相传先秦时期李冰已经采用。西汉成帝时，还曾成功地应用于黄河堵口工程。竹笼卵石的特点是取材方便，施工简易，能适应河床变形。灌区用于筑埂护岸、丁坝挑流、鱼嘴分水、导水坝引水、溢流堰泄流、拦水坝堵口等。其缺点是竹料易腐朽，耐久性差。

编制竹笼的竹料宜选择无虫眼，生长两年以上的老竹，笼的长度、直径、圈数和眼孔尺寸，视流速和装入卵石的大小而定。笼以条为计算单位。历史上规定，直径1.7尺，长3丈为一条。1954年改为公制后，以直径0.6米，长10米为一条标准笼。计划预算时将各种形式统一折算为标准笼。剖竹篾时，粗竹剖六片，细竹剖四片，削去里面的竹节及竹头黄篾。竹片头尾要相互颠倒参差使用。搭头新接竹篾时，要倒插三个孔眼，使接头牢实。笼口的竹篾要回插封牢。笼身大小要做得匀称，笼眼呈正六边形，大小相等，横蔑圈数、笼径和长度，以及横顺篾片宽度都应根据当地卵石粒径确定。即卵石大，笼篾宽，笼圈少，眼孔大；卵石小，笼篾窄，笼圈多，眼孔小。见图5－1－1－6。

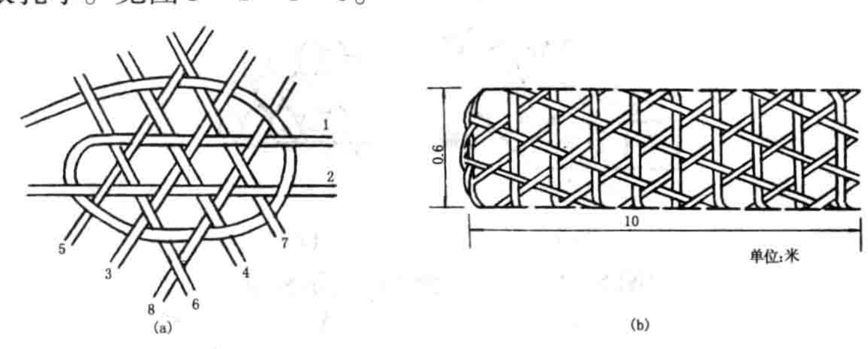


图5－1－1－6　竹笼编制图

（a）竹笼起底；（b）竹笼规格

用竹笼护岸，在安放前，要挖好基槽，削好岸坡，除尽浮沙。笼与沙壤土岸坡间需垫0.2～0.3米的小卵石层。如遇低洼坑凼，要用卵石填平才能装笼。笼内卵石要装得饱满平整，较大的卵石用于四周及头尾，笼心用中等卵石，笼内不得装小卵石和沙砾。最后每个眼孔用扁平石封堵，做到一眼一石。

用竹笼抢险堵口，是简便快速的工程措施。灌区每年在岁修结束时，于险工河段储备防洪卵石，汛前准备一定数量的竹笼，以供抢险堵口之用。一般编制长10米、7米、5米、3.3米四种规格。5米长的竹笼用于2米以下水深，7米长的竹笼用于2米以上的水深，各排滚出水面的竹笼用3.3米短笼填补齐整，其上再用10米长的竹笼压住。竹笼和卵石堆放在堵口附近。竹笼置于4～5根撬杠（木杠长2米）上，待笼石装满即行撬放入水。同时还要讲究投笼时间、方法和位置。

3. 干砌卵石。岷江河床中卵石丰富，是都江堰工程采用的重要建筑材料。两千多年来，灌区普遍采用干砌卵石修筑堤堰、护岸等工程，还用来修建卵石拱桥涵。干砌卵石的优点是就地取材，造价低；具有一定的抗冲刷能力；抗磨性好；护面渗透压力小。缺点是：整体性差，允许抗冲流速有限制；用作填方渠道护坡护底



时渗漏较大。

卵石砌筑前，首先要采集卵石，选石质坚硬椭圆形为好，依大小分类编号，顺次堆放。然后施工放样，开挖基础，铺小卵石垫层作反滤层。

砌筑卵石要从下游往上游进行，并使卵石长轴略向下游倾斜，以增强抗冲刷力。灌区人民总结了四条砌筑技术经验：

（1）垂直坡面，分檐安砌。即砌筑时要把卵石的长轴与坡面垂直，并要由下游至上游分层砌筑到坡顶。

（2）大头朝下，六面靠紧。是指卵石大头靠垫层安放，每个卵石都要与周围六个卵石靠紧。卵石间空隙应呈三角形，层与层之间卵石要落缝靠紧。这种砌法紧实牢靠，踩不动，取不出。

为保证砌体质量，要避免几种错误砌法：一是缩小“三角眼”，尽量按缝隙大小选石砌筑；避免“四方眼”，一个缝砌两个卵石就形成“四方眼”，砌石容易松动。二是忌用砌石重叠的“背背石”，跨两个缝的“桥桥石”，砌石周围接触八个卵石的“蜘蛛抱蛋”。这些砌法皆不能落缝靠紧，严重影响砌体质量。见图5－1－1－7和图5－1－1－8。

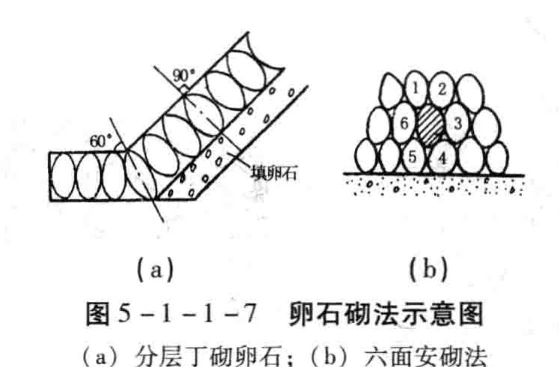


图5－1－1－7　卵石砌法示意图

（a）分层丁砌卵石；（b）六面安砌法

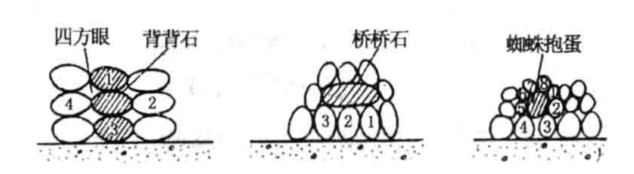


图5－1－1－8　几种错误砌法示意图

（3）大石下安，小石上砌。采集卵石时即进行分类堆放，最大卵石护底。一类卵石砌埂脚（枯水位以下）；二类卵石砌枯水位与洪水位之间的坡面；三类卵石砌洪水位以上的部位。

（4）厚度砌够，坡面砌平。就是要掌握砌筑质量，厚度够，坡面平。为了使干砌卵石工程更牢固，从1953年起，将边坡系数0.7改为2～5，卵石平砌改为长轴垂直岸坡立砌（俗称“丁砌”），基础挖深由原来的0.5米改为3米左右，基础宽由0.5米改为3～5米。利用淘挖的沙石修筑沙砾堤，只需在迎水面一边作护面，增加了砌石的厚度，增强了稳定性和抗冲能力。

4.“桩工”和“羊圈”。桩工即是栽立木桩，是护脚工程。卵石滩上打桩困难，采取挖坑栽桩的方法，完成桩工，它可以削弱水势，减小急流和漂浮物对建筑物的冲击力；保护岸脚不被淘空；稳固竹笼堰体，增大抗冲能力；分水导流时能抵



御急流。

羊圈是木框内填石，是护底工程。羊圈重量大，抗冲力强，用于水流湍急处作护岸基脚和堰坝的基础，比竹笼工程稳固、耐久。

桩工和羊圈数百年来广泛应用于鱼嘴、飞沙堰、百丈堤、人字堤、二王庙顺堤，以及主要河道的重要险工地段。进入近代，虽然许多基础工程采用水泥钢筋构筑，但在河道整治工程及防洪抢险时，仍然采用传统桩工和羊圈技术。

桩工的木桩多用硬质桤木或其他杂木制成，长度和直径视用途和具体条件而异。一般在都江堰鱼嘴前为削刹水势所设的防浪桩，桩长4米、直径30厘米；鱼嘴基础两侧的“关门桩”，长2.5米、直径20厘米；堤岸护脚和渠道中分水导流的木桩，一般长1.3~2米，直径10厘米左右。

木桩的布置有两种形式，一是采用梅花形布置，如防浪桩和加固溢流堰身的桩；一是采用排桩布置，如分水导流桩、堤岸护脚桩和基础侧面的“关门桩”。

竖立木桩有两种方法：一种是埋栽。用于卵石河床，因不能埋入，只好挖坑埋栽，都江堰多用此法；另一种是打入，适用于一切能打入的地基。木桩埋设深度视不同情况而定。鱼嘴前防浪桩埋入1/2桩木，桩顶露出最高水面0.3~0.5米；分水导流桩埋入1/2~2/3桩长，桩顶与枯水位平；其他护脚桩、基础桩、护堰桩等全部埋入，桩顶平河底或砌石面。

羊圈形状一般为3~4米见方。立柱选用桤木、麻柳或其他杂木，直径不小于20厘米。立柱长度视坑内水深而定。四根立桩每边均用上下两根横木榫接，构成方形框架。横木直径不小于15厘米。横木内侧竖插立木（称签子），用竹篾或铅丝将立木绑扎在横木上。立木直径为10厘米左右，间距视所填卵石的直径而定。填卵石要密实，不能挟带泥沙。封顶大卵石要丁砌牢靠，也可用竹笼工护面。见图5-1-1-9。

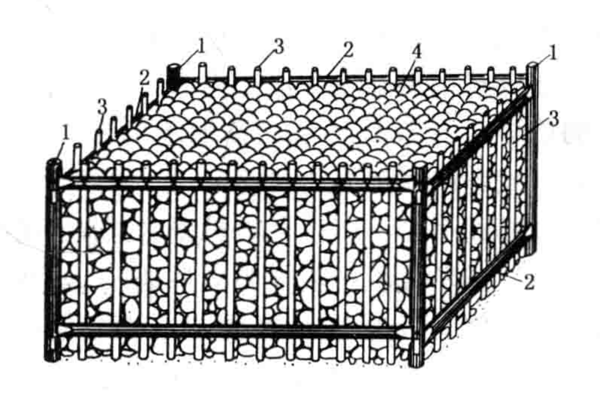


图5-1-1-9　羊圈结构示意图

1. 立柱；2. 横梁；3. 签子；4. 丁砌卵石

三、渠道防渗节水传统技术

渠道防渗节水传统技术主要采用对渠道坡、底进行夯实和衬砌，以及使用地下输水管道等方法。

（一）渠道夯实和衬砌

渠道的渠底和渠坡经夯实和衬砌，可以减少输水损失，达到提高渠系水利用系数的目的。目前渠道防渗措施主要有：夯土、砌石、砌砖、铺灰土、铺草皮、利用



水泥土、混凝土、塑料薄膜和沥青材料等，前五种为传统防渗技术的应用和发展。现将传统防渗技术应用情况（以防渗材料划分）简介如下[8]：

1. 土料。修筑渠道堤岸时，必须筑实夯坚，这是早已形成的传统经验。在此基础上各地防渗技术又有发展，有以下几种方法：

黏土掺沙砾夯实。铺设厚度一般为 25～40 厘米。黏土料含水量控制在 18%～20%，砂或沙砾掺量 30%～40%，夯实干重 1.5～1.7 吨，可减少渗漏量 50%～70%，此法除防渗外，渠道的抗冻、抗冲能力也能增强。

渠底原土夯实，此在黄土地区采用渠道防渗效果明显。也可将渠底翻松夯实或全断面翻松夯实。夯实干重 1.6 吨，可减少渗漏量 70%～95%。

灰土防渗。有二合土和三合土之分，这也是历史上早已采用的材料。二合土由石灰、黏土组成，铺厚度 20～30 厘米，减少渗漏量 87%～90%。三合土由石灰、砂、土组成，比例各地不同，如贵州采用 1:2:3，福建采用 1:3:2，石渠上铺土厚 10～15 厘米，土渠厚 20～25 厘米。铺灰土较原状土减少渗漏量 90%，使用年限可达 8～12 年。

草泥抹面。渠底抹 10～15 厘米，渠坡 5～10 厘米，西北、华北地区采用，可减少渗漏量 80%～90%。

灰渣。由石灰、煤渣加水组成，也可掺一定数量的碎石或小砖块、瓦片等。灰渣配合比（重量比）采用 1:6.6～1:10。需立模板分段夯筑密实，每层铺土厚度以 15 厘米左右为好[9]。

2. 石料。砌石衬砌渠道历史悠久，应用广泛。据调查，1987 年时，福建已衬砌的渠道 90% 是砌石的，湖南约 70%，贵州约 60%，甘肃是 40%，新疆、四川也都以砌石为主，陕西、广东砌石衬砌渠数量仅次于混凝土衬砌渠。砌石的防渗效果和耐久性虽然比不上混凝土衬砌，但是它的抗冻性能好，北方寒冷地区仍需采用。西北地区有的渠道推移质较多，亦采用抗磨蚀性高的砌石做渠底。而且砌石的抗冲刷性好，能就地取材，在石料丰富的地方仍不失为一种良好的衬砌方法。

近年为发挥砌石的优势，克服其缺点，各地采用在防渗层下灌注黄泥浆或灰浆，这提高了防渗效果，减少渗漏损失达 60% 以上。有的地区在砌石层下设灰土、黏土、膜料等防渗层，减薄砌石层，向多种材料复合式防渗结构方向发展，既降低了造价，提高了防渗效果，又发挥了石料料源丰富地区的优势。

干砌卵石。卵石衬砌厚度一般为 25～30 厘米。石料的砌筑方法，都江堰灌区有着丰富的经验，上文已作了简介。甘肃、新疆总结的成功经验是：长径垂直坡面，大头朝下，经过干靠、灌缝（用小砾石）、卡缝等环节达到“横成排、斜成行、三角缝、六面靠、踢不动、拔不掉”的质量要求[10]。施工质量好，其防渗效果也好。如新疆玛纳斯河东岸大渠，设计流量 105 立方米/秒，干砌卵石衬砌，经运行挂淤后，每公里输水损失只有 0.2%，运行三十多年仍完好如初。当地认为施工、维修得当，使用年限可达五十年。

浆砌卵石、浆砌块石、浆砌料石等。传统采用的砂浆为石灰砂浆，石灰与砂的比例为 1:2～3，衬砌厚度 20～40 厘米，能减少渗漏量 80%～90%。采用石灰砂浆能节省混凝土，降低工程造价。



3. 砖及陶瓷。浆砌砖。用石灰砂浆砌青砖，立砌厚度11.5厘米，平砌5.3厘米，可减少渗漏量85%～99%。维修得当可与砌石的使用年限相同。陕北地区还有浆砌陶瓷板的。

4. 草皮渠道。用草皮垒砌，可以做到大水少冲，小水少淤，浑然一体，抗冲力强。比混凝土板和卵石衬砌省工、省投资、省运输量。可在无卵石又无黏土的地区采用。新疆疏勒县汗南力克干渠垒砌草皮后渠系水利用系数由原来的0.2～0.5增为现在的0.7～0.75。

（二）地下输水管道

灌渠采用地下输水管道具有节水和省地的优点，在水资源紧缺的北方推行地下灌溉具有重要的意义。早在3 000多年前的殷商时代，城市中已铺设地下陶水管道，如安阳殷墟、郑州洛达庙商代遗址中都有发现。元代王祯《农书·农器图谱集之十三》所载阴沟，即行水暗渠也，是一种用砖砌的暗渠。山西省一些城镇几百年前的陶管下水道一直使用至今。20世纪60年代，山西省翼城县利民灌区试验用陶管修建灌溉输水工程，由于多方面的原因，未能成功运行。1974年又在临汾市屯里井灌区试验陶管灌溉输水，获得了成功，多年运行状况良好[11]。

据调查和测试，屯里井灌区用于灌溉工程的陶管，一般能承受一定的内水压力，称为陶瓷压力管，规格见表5－1－1－1。

表5－1－1－1　　陶管规格表

管径（毫米）	壁厚（毫米）	长度（毫米）	重量（公斤/米）
100	22～25	100～150	15～20
150	27～30	80～100	26～30
200	32～35	60～80	38～42

当地认为陶管用于灌溉输水工程的优点是：（1）山西省许多地区蕴藏有丰富的陶土资源，可设厂焙烧陶管。（2）山西省煤炭资源丰富，焙烧陶管燃料供应充足。（3）制管工艺简单。（4）陶管使用寿命长。（5）价格低，投资少。（6）安装工艺简单，铺设技术容易掌握。（7）陶管的适宜埋设深度为地面下70～100厘米，已在土壤冻层以下，可以避免冻胀破坏。（8）节水、省地。其缺点是：性脆，搬运时易损坏；笨重，劳动强度较大；长度短，接口多。

陶管铺设的步骤：首先开挖管槽。断面采用梯形，断面底宽一般以管外径加0.3～0.4米的超宽，以方便铺管操作。挖深根据当地土壤冻层深度和作物耕作深度的要求而定，一般管顶至地表距离为70～100厘米。然后处理管槽基础。为避免土质下陷造成陶管断裂，要在管槽地基整平后采用灰土夯实处理10～15厘米。接着选质量好、上下接口误差小的陶管，将接口放在水中浸泡10～15分钟取出，用钢刷清除污泥并打毛，并用水泥砂浆充填处理上下节接缝处，填料凝结后1～2天，盖草或覆土保护。养护12～15天后，做试水检验，对漏水处要洗净打毛，再用水泥砂浆补牢。如管路符合输水要求，即可填土将管路覆盖。填土时，应先用细土将管底部填密实，管上部填细土30～50厘米，需防大土块和石头砸破陶管。

灌溉陶管输水工程如按四十年使用年限进行经济效益分析，屯里井灌区得出的



益本比（即效益与年运行费之比）近似值为3。一般认为益本比大于1，则工程可兴建，因此，说明陶管输水工程还是比较经济的。

河南省偃师县东寺庄在1957年就修建了地下瓦管渠道灌溉网[12]。当时该地区新打了四个机灌井，为了避免建明渠压占土地，给耕作和运输带来不便，设想了用地下埋瓦管代替地面渠道的办法。这实际也是一种节水灌溉的方法。规划地下渠道用于机井的干、支渠上，田间的分水沟和垅沟还是明渠，一井设有两条干渠，六条支渠，在距机井2~3丈处修一总分水池，分入干、支渠。在干、支渠地下瓦管分水处，均修一节制分水池，在水流出地下瓦管的灌水地段再修一翻水池。总分水池、节制分水池和翻水池都用地下瓦管连接起来，在各个分水口都安装木制闸板。总分水池的水面，必须高于分水池的水面，分水池的水面，必须高于翻水池的水面，翻水池的水面要高于田面，这样，水才能顺畅地流入沟畦。因此，总分水池和小分水池，必须修建在较高处。水池用砖砌，水泥护面。地下水管用泥烧成圆形的瓦管子，厚约0.8~1.0寸，直径6~8寸，长12~18寸。在安装管子时将基础夯实（或用三合土），埋藏深度约3尺左右。管与管连接处用石灰或水泥抹缝扣严。

采用低压管道输水灌溉，简称为“管灌”，这一技术已成为目前我国北方地区一种很好的节水灌溉措施。20世纪80年代末，水利部将“管灌”作为北方农田全面节水的基础设施来抓。据统计，目前我国“管灌”面积有4 500万亩，其中河北、山东、河南、北京、天津等省市的“管灌”技术发展很好，仅山东、河北、河南三省的“管灌”面积就达266.67多万亩[13]。这项技术具有省水、省地、省工、节能、省投资等优点，值得进一步发展推广。

此外，江苏无锡县人多地少，为了节省土地，20世纪60年代以后发展“三暗”工程[14]。“三暗”工程是灌水暗渠、排水暗沟、渗水暗管三者的简称。这些暗渠暗沟皆用灰土筑成，采用的是传统施工技术。1965年冬无锡埝乔公社刘巷大队建成第一条灰土暗渠，至1978年春全县已建成暗渠2588公里，灌溉面积五十余万亩，占农田总数的62%。从1973年开始又进行暗沟、暗管的建设，与暗渠配套使用，形成灌、降、排、调、控综合运用的立体水利系统，为建设吨粮田创造了条件。

“三暗”工程与明渠、明沟、明墒相比，具有提高土地利用率，灌水快，排水畅，降水效果好，减少渗漏，农机操作方便安全，减少岁修，取材易，造价低，节省水旱田开明沟用工多等许多优点。

无锡县暗渠、暗沟皆以石灰和黏土夯筑而成。灰土比常用的是2:8和3:7（体积比），暗管则采用自制的三角形脊瓦管道。灌水暗渠、排水暗沟、渗水暗管三者各有标高，形成立体布置，见下页图5－1－1－10、下页图5－1－1－11、下页图5－1－1－12。

无锡县的“三暗”工程多年运行效果良好，只有少量暗渠、暗沟发生坍塌现象，调查后确定主要原因是修筑时灰土施工未按要求进行，故影响了质量，只要严格按规定施工和管理，以上问题是可以解决的。

“三暗”工程在农田水利建设中的运用，实是在传统技术基础上的创新，这为当地高速发展农业，实现农业现代化迈出了新的一步。

还有石质倒虹管道可视为特殊的地下输水管道。清代嘉庆十四年（公元1809



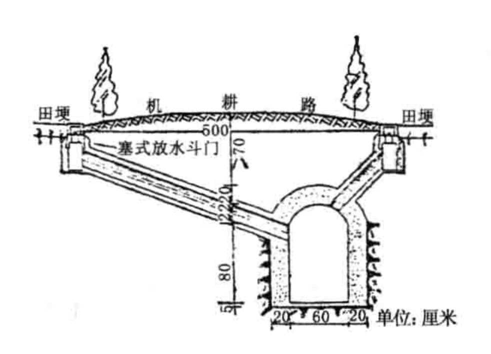


图 5－1－1－10　灌水暗渠断面
（采自《水利水电技术》1979 年第 5 期）

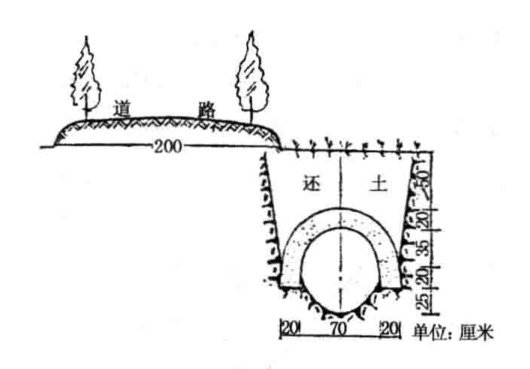


图 5－1－1－11　排水暗沟断面
（采自《水利水电技术》1979 年第 5 期）

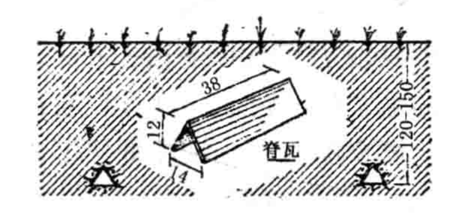


图 5－1－1－12　脊瓦式田间暗管
（采自《水利水电技术》1979 年第 5 期）

年)，四川合江县锁口乡刘士朝主持修建了一条引水过河灌溉的渠堰，渠道过河处设置了石质倒虹管，全长 266 米，水头 26 米，进出口高差仅 0.407 米。管道用坚石预先凿成 63.5 厘米 ×40 厘米 ×40 厘米的承插式管节，内径 13.5 厘米，用糯米粥拌石灰作为管与管间胶结材料，并用这种材料抹平管内壁，以减少摩擦阻力。石质倒虹管能承受较大强度的水压力，这一倒虹管至今保存完好。解放后此种石质倒虹管在合江县得到了推广应用[15]。

第二节　传统淤灌和放淤技术经验

我国北方含沙量高的河流多，早在两千多年前已进行引洪灌溉和淤地活动。如公元前 246 年兴建的郑国渠，从泾河引水进行淤灌，并结合放淤，改良利用了大片盐碱洼地。历史上，北方灌区长期进行淤灌和放淤，改造盐碱地和沙荒地，积累了较丰富的技术经验。这种工程技术在现代进一步得到继承和发展。

一、对引洪淤灌和放淤作用的认识

多泥沙河流汛期洪水挟带大量泥沙，引洪淤灌就是引洪水期的浑水灌溉农田。近数十年来，利用高含沙浑水淤灌的经验有很大发展，基本解决了高浓度浑水远距离输送及解决灌区大面积淤积的技术问题。放淤，也称引洪漫地，是将高含沙量的水引至盐碱地、低洼地、沙荒地上进行淤垫。新中国成立以后，引洪漫地已作为水土保持和农田基建的一项内容受到重视。通过实践，人们对淤灌和放淤的作用进行了总结[16]，主要体现在以下几方面：

（一）增水增肥，改良土壤，保证高产

每年汛期七八月正值大田作物高粱、玉米拔节抽穗灌浆季节，此时灌溉既能抗



御夏旱又能增强保墒能力。因洪水中含有大量腐殖质等有机物，淤灌后如以每亩地淤泥厚为2厘米计算，则相当于每亩增加30公斤速效肥或一万斤牛、马粪的肥力，一般可增产100～200斤。而洪水漫过的地，50厘米深土层内，有机质含量为0.317%，全氮含量为0.072%，分别比未漫过的地高21.8%和13.0%，增产粮食近一倍。

（二）变瘠薄和荒滩地为良田

由于淤泥多由黏粒和细沙组成，一般农田淤灌多年后，土地变得平整，土壤肥力和结构得到改良，皆成为肥沃的良田。盐碱地和荒滩地经放淤后，土地上增加了一层淤土，获得改土和造田的效果。如内蒙古自治区黄河南岸有八条较大的河沟，新中国成立以来，大量进行引洪漫地，造田16万亩，改良盐碱地6万亩，普遍获得了高产。

（三）控制洪水，拦截泥沙，变害为利

陕西关中赵老峪流域，面积200多平方公里，最大洪峰120～150立方米/秒。流域下游在富平县境内有引洪漫地34000多亩，将上游铜川市境内来的洪水泥沙，全部引入地中淤漫。漫过的地，一般亩产400斤，有的甚至超过千斤，多年来，下大暴雨，下游都不发洪水，原来的河床，现在变成了农耕地。河北省张家口地区通桥河引洪灌区，面积11万亩，上游河道流域面积3060平方公里，引洪能力450立方米/秒，多年来河道上游洪水基本上全部不出灌区，保护了下游的农田和村镇。万全县在五道沙河沿岸共建大小引洪渠道800多道，总引洪能力达863立方米/秒，一般年引洪水总量为2000万立方米以上，初步达到大水不出县的水平。由于一般洪水已不流入洋河，从而减轻了下游河道和水库的泥沙淤积。

二、引洪淤灌工程技术经验

北方地区降雨量集中在每年的七八月份，形成的河流水文特征为：洪水来时暴涨，来量大而历时短，而平时河流的基流都很小。汛期洪水的含沙量很大，来沙的特点是洪峰一到沙峰也至。因此，在引洪淤灌的规划、设计和管理运用中，要注意多引含沙量高的浑水和多引对农作物有利的细沙入田，并力求避免粗颗粒泥沙堵塞渠首和淤积输水渠道。故而引洪淤灌渠道的规划设计和运行具有自身的特点，现将传统灌区现今有关技术经验总结如下[17]：

（一）引水口应有利于引用较多浑水

为适应多泥沙河流的洪水特点，应在经济合理、安全可靠的前提下，尽量加大渠首设计的引水流量，以充分利用河流水沙资源。

（二）采用多口进水分散水势引水

沿河流两岸多建引洪渠道，水势分散后渠道较为安全。

（三）适当增大引洪含沙量，合理引沙用沙，尽量拦阻粗沙和砾石不入渠

陕西省大荔县引洛灌区，突破了引水含沙量不得超过15%（重量比，相当于166公斤/立方米）的规定，引进含沙量高达60%（965公斤/立方米）的浑水进行淤灌，基本解决了灌区汛期水量供需之间的矛盾，并改良了大片盐碱地。所以除农作物灌溉有要求外，应适当增大允许的来水含沙量，以多引水抗旱。为防止推移质底沙入渠，要在渠首形成人工环流，引入含悬移质的表层水入渠，而使含推移质的底流排入河道。粒径小于0.05毫米的细沙输送到田间，有利于改良土壤，促进农作物增产。群众在生产实践中还认识到，黏性淤土的透水性差，故于秋收后，在引



洪淤灌的土地上运进部分细沙，有改良淤土的作用，第二年作物即能生长得更好。另外，一般在渠首应设置拦河坝和排沙闸。如永定河上游洋河灌区总干渠渠首在拦河溢流坝左岸设有一座排泄量为500立方米/秒的泄洪排沙闸和一座进水量为40立方米/秒的进水闸。进水闸底坎比排沙闸底板高3米，以免底沙进入渠道。拦河溢流坝的坝长为80米，坝高7米，在拦河坝前形成了一个20万立方米的拦沙库容，进水时起沉沙作用，可在适当的时候利用较大的洪水和非灌溉季节的泄水对坝前的淤沙进行冲洗。该渠首工程的进水、拦沙、冲沙的效果甚好。

（四）防止渠道淤积

由于引洪渠道经常输送高含沙量浑水，渠道容易淤积。因此，在规划设计时，要尽量提高渠首引水高程，加大渠道纵坡，以便增大比降，使水流达到较大流速取得较好的输水输沙效果，这一传统工程技术经验在各引浑灌区得到普遍运用。

又在有泄水排沙条件的地方，应布置渠道泄水排沙闸，这样利用排沙闸冲淤，大大节省了清淤的劳动量。根据永定河上游洋河灌区的经验，一座排沙闸若管理运用得当，则可将渠长为500~1000米范围内的淤沙排除干净。或者在低洼地区修建沉沙池，使入渠粗沙集中处理，以减轻和避免淤积各级渠道。

清、浑兼引渠道既要适应清水冲刷的特点，又要考虑浑水落淤的可能性，要防冲也要防淤，设计渠道时，允许渠道有冲有淤，在一定的时期内达到冲淤平衡。

要尽量减少渠道级数，采取顺直渠线，衬砌渠道，清除阻水障碍等措施，有的灌区采取干、支渠同时放水，斗渠全开，使水流尽快进入田间。有的灌区在引洪中遇到不利的水沙条件，采用输沙能力较强的渠道引洪，在沙峰过后引水含沙量下降时，再由输沙能力较差的渠道引用。

（五）提出淤灌的技术要求

一是要选取各种作物适宜的含沙界限。据陕西省泾、洛、渭三大灌区实践，玉米、棉花生长期内可引用含沙量在35%（重量比）以下的浑水进行灌溉，而在玉米苗期、棉花蕾期含沙界限应控制在25%以下。对花生等低矮作物不宜用高含浑水淤灌。二是控制淤泥厚度。旱作实行浑水灌溉，高秆作物淤层宜厚，矮杆作物宜薄。据泾、洛、渭三大灌区淤灌的经验，玉米、高粱的淤层厚度以小于5~7厘米为宜，棉花的淤层厚度一般不超过3~6厘米。水稻实行浑灌，拔节后淤泥厚度可为8~12厘米。对作物小苗一般不能淤埋生长点，以免造成幼苗死亡。三是提高落淤质量。影响落淤质量的主要因素是单宽流量、田面比降、淤区面积等，应适当加大单宽流量，避免出现淤厚不均和分选颗粒的情况。淤灌宜推行沟灌和小畦灌技术，以利作物受水和泥沙落淤均匀。畦灌规格一般和清水灌相同。

三、引洪放淤工程技术经验

我国北方黄泛区存在大片沙荒盐碱地，不少河流流域内也存在不少低洼盐碱荒地，此外，还有许多要改造的低产地、河滩地和川台地，这些都可以利用引洪放淤措施加以改良和造田。各地在放淤改土工作中既继承传统技术，又发展积累了很多技术经验，主要有以下几方面[18]：

（一）淤区的引水流量合理

放淤的引水量必须与退水能力相适应。一般引洪放淤引水流量都很大，在规划

设计时应充分考虑各淤区的退水出路，以及各级排沟和建筑物的过水能力，以防止排水沟的漫溢，造成淹涝灾害。排水量可按引水量的50%考虑。

（二）适宜的放淤时间

选择放淤时间，要考虑河流含沙量的大小及成分，所以要选择水量丰沛、泥沙总量大、黏粒含量高的汛期放淤。

（三）输水工程有特别要求

汛期放淤洪水来势猛，历时短，含沙量高，所以一般输水渠线要短，比降要大，每一输水渠负担的淤漫面积不要太大，为此，沿河要多开引水口，以保证下游有足够的落淤量。

（四）根据地势、水势布设田间工程

放淤的田间工程，包括进水口、田间渠系、围埂、格田及排水设施等五部分。淤区面积不宜过大，以保证落淤均匀。大致以200～2000亩较好，以一年淤成为准，避免淹而不淤。有以下几种布设形式：

1. 在地势狭窄、坡度较大、地块和引水量都较小的条件下，采用“串联式”。

2. 在地势开阔、坡度较缓、地块较大的情况下，采用“并联式”。

3. 在地块和引水量都较大，地块在输水渠一侧，与输水渠正交，坡度较大条件下，采用“混联式”。即在沿输水渠方向有若干地块呈“并联”排列，而在每一组中又有若干畦呈“串联”排列。

4. 在地块和输水量都较大，地块在输水渠两侧的情况下，采用“野马分鬃”式。输水渠的水，同时向两侧淤漫，进度快而且质量好。见图5－1－2－1。

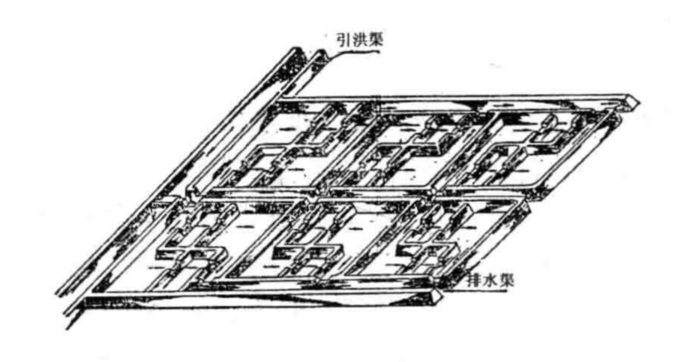


图5－1－2－1　野马分鬃式引洪漫地田间布置示意图

（采自《中国水土保持概论》）

（五）淤层厚度确当

淤层厚度偏大则用水用沙量大，淤的地少，且要求田间工程标准高；淤层厚度偏小则达不到改土的要求。淤层厚度可根据土壤盐碱化程度、地下水埋深和排水等条件来确定。据洛惠渠灌区试验，在排水良好的条件下，轻、中度盐碱化地区（耕层盐分小于0.5%～0.6%）淤层厚度为0.2～0.3米；重度盐碱地区（耕层含盐量大于0.6%）淤层厚度0.3～0.4米。

（六）淤区工程应结合农田基本建设进行

如各级围堤的建设可结合农田道路网进行，引水渠和排水沟在淤成后成为农田的灌溉渠和排水沟等，或利用放淤退水灌溉下游灌区。



（七）淤区周围要开挖截渗沟

为防止淤区周边地区地下水位上升，引起次生盐碱化，应在淤区周围开挖截渗沟。

新中国成立以后，在利用多泥沙河流的水沙资源方面成就很大，还打破了自明清以后不敢引用黄河水的“禁区”，进行引黄淤灌和放淤。目前，黄河下游已建成各类引黄灌区100多处，灌溉面积达到3 000万亩，每年引用黄河水量100多亿立方米，利用黄河水沙放淤改土300多万亩，发展水稻田120多万亩，使盐碱沙荒地变成了良田[19]。其他灌区在引多泥沙河流灌溉过程中，也继承和发展了传统的淤灌和放淤技术，技术水平逐步提高，各灌区皆形成一套行之有效的技术经验，这些都需要认真地加以总结。

参考文献

〔1〕清华大学水利系《农田水利工程》编写组：《农田水利工程》，科学出版社，1977年。

〔2〕都江堰管理局：《都江堰》，水利电力出版社，1986年，第104～111页。

〔3〕任卓群：《关于无坝引水工程的探讨》，《四川水利》1986年第2期。

〔4〕贺珍：《我国的坝工建设》，《中国水利》1990年第1期。

〔5〕范瑱：《民间过水土坝赵家闸》，《中国水利》1990年第3期。

〔6〕郭发明：《当前我国土坝过水试验研究概况》，《四川水利》1981年第3期。

〔7〕《草土围堰施工方法与经验》，《宁夏水利科技·宁夏水利史志专辑（一）》1983年第1期。

〔8〕《我国渠道防渗主要衬砌形式简介》，《水利水电技术》1979年第3期。

〔9〕杨宗铨、张振泸：《我省几种渠道防渗措施》，《四川水利》1984年第2期。

〔10〕王复华：《渠道砌石衬砌的现状和问题》，《农田水利与小水电》1991年第2期。

〔11〕刘世清：《陶管在灌溉输水中的应用》，《农田水利与小水电》1986年第2期。

〔12〕河南省水利厅办公室整理：《介绍河南省偃师县东寺庄社的地下渠道灌溉网》，《水利化经验选集》，科学普及出版社，1959年1月。

〔13〕滕流慧、聂建平：《我国节水灌溉技术的现状与发展前景》，《水利水电技术》1997年第3期。

〔14〕江苏省无锡县水利局科技组：《吨粮田建设中的“三暗”工程》，《水利水电技术》1979年第5期。

〔15〕徐国荣、罗顶明：《清嘉庆年间的石质倒虹管》，《四川水利》1986年第5期。

〔16〕张惟：《关于利用多泥沙河流发展引洪淤灌的几个问题》，《水利水电技术》1983年第9期；辛树帜等：《中国水土保持概论》，农业出版社，1982年。

〔17〕张惟：《关于利用多泥沙河流发展引洪淤灌的几个问题》，《水利水电技术》1983年第9期；陕西省高含沙引水淤灌实验研究小组：《泾、洛、渭三大灌区利用高含沙浑水淤灌的经验》，《水利水电技术》1985年第2期。

〔18〕王文楷等：《介绍三种引黄淤灌方式》，《水利水电技术》1979年第4期。陕西省高含沙引水淤灌实验研究小组：《泾、洛、渭三大灌区利用高含沙浑水淤灌的经验》，《水利水电技术》1985年第2期。辛树帜、蒋德麟主编：《中国水土保持概论》，农业出版社，1982年。

〔19〕邹广荣：《我国农田水利建设四十年来的成就》，《水利水电技术》1989年第9期。



第二章
传统塘堰和开发地下水工程技术的继承和发展

传统塘堰蓄水工程修建的历史悠久，积累了丰富的技术经验，还出现了陂渠串联工程技术。新中国成立以后，修建塘堰的传统技术仍在许多地区运用，并得到改进。传统小型的塘堰、涝池、水窖、坑塘在缺水的北方及山丘地区更加普及，并与其他水利技术相结合，成为治水改土的重要技术措施。陂渠串联工程在山丘地区大为兴修，并发展成联结几个流域，实行水量调配的大型工程，传统陂渠串联工程技术也得到总结和提高。

我国开发利用地下水的历史很悠久，逐步形成挖泉凿井多种传统技术。新中国成立后仍重视推广流传在群众中的传统打井、提水技术经验，在北方还形成了以井灌为主，井渠相结合的灌溉抗旱方式。还对群众开发利用岩溶地下水的技术加以总结，丰富了开发利用地下水的技术。

第一节　传统塘堰涝池蓄水工程技术的继承和发展

塘堰是拦蓄暴雨径流或山泉溪水的蓄水工程，又叫陂塘、塘坝、池塘、堰塘、涝池等。我国南方地区，一般植被良好，雨量充沛，地表径流和山泉溪水比较丰富，修筑的塘堰很是普遍，工程有“堰”和“塘”之分，又有山塘和平塘之分。在溪流上筑坝拦蓄水流的灌溉工程，称之为“堰”（也称“坝”、“陂”、“堨”等）。平塘是在平地或坡度平缓处下挖，就地蓄水，就近灌田。山塘是在山谷和坡麓凹地筑坝，拦蓄水流灌溉，亦称为“山湾塘”。我国北方地区，在地面挖掘或在洼地筑埂形成的拦蓄径流的工程叫涝池、坑塘等。在地下开挖土窖以引蓄径流的小型工程称之为水窖。这些塘坝、涝池等设施还具有水土保持的作用。

一、塘坝

陂塘堰坝蓄水工程兴建历史悠久。公元前 6 世纪时已在今安徽寿县南建成大型蓄水陂塘芍陂。汉代陂塘在汉水、淮河流域的山丘盆地发展很快，并向南方推进。宋元时南方中小型陂塘已遍及各地，修筑技术亦逐渐成熟。历史上山丘地区所筑塘堰以堰最多，塘又以平塘为多，山塘为数甚少。

（一）山塘的修建

新中国成立初期，为改变山丘地区农田干旱无水灌溉的局面，掀起了挖平塘运动。如 1952 年仅四川内江地区就累计新修和整修堰塘 5 万多口[1]。但平塘开挖多了，问题也逐步暴露出来：（1）“平塘”占用耕地多。一般塘址占地一亩，所蓄水量只能灌溉五亩左右，耗用耕地太多。（2）工程大。因为平塘是从平地挖下去的，土方工程与蓄水的比例为 1:1，不经济。（3）需资金多。平塘的坡陡，易于垮塌，需用条石砌筑，因而支出材料费和人工费较多。（4）总蓄水量少。一般平塘面积每口一亩左右，挖深 1 ~ 2 米，容积小，水量易渗漏，秋洪虽能蓄满，经冬往往浅



涸，致次年需水灌田时，已存水不多。（5）挖塘工费负担不合理。多数地区既不记工，也不结账，影响了群众兴修水利的积极性。为此当地积极想法改进技术。1953 年 9 月西南水利局组织基点工作组前往长寿县，通过调查研究，决定修建当地第一口“山湾塘”。

经实地勘查，在距葛兰场不远有一个名叫“锁口丘”的地方，其地形像一把椅子，在“椅子坐位”的地点，肚子大，底子平，出口小，适于修建堰塘，上有较大集雨面积，下面耕地可自流灌溉。塘埂可筑土坝，工程量不大。具体的工程布设与修建技术采取：（1）修筑土坝，利用三面高一面低的地形，在低的一面修筑土坝，长 40 米，形成堰塘，此土方与蓄水的比例为 1:10，比平塘 1:1 提高十倍效益。（2）土坝高 3 米，内外坡做成 1:1 的斜坡，自身已能稳定，不必用条石衬砌，所需工费较少。（3）靠左坝肩部修一个放水涵管，可以自流放水灌田，节省提水劳力。（4）据集雨面积计算，当地径流每年可来水 1.3 万立方米，占地 10 亩，可灌田 193 亩，占地与灌溉面积比为 5% 左右，比平塘的 20% 左右耗用耕地少。山塘能克服平塘存在的占地多，工程大，需资金多和蓄水少等一系列问题，因此很快在长寿县推广开来。

四川省水利厅及时将长寿县修筑山湾塘的经验向全省介绍。到 1954 年底，全省共建成各级“示范塘”1293 口。1955 年，“示范塘”迅速发展到 17 796 口。到 1985 年，全省已有山湾塘 61.11 万口，可蓄水 261 769 万立方米，有效灌溉面积 715.48 万亩。

（二）塘坝的改造

有些地区对老式塘坝加以改造，以增加其蓄水量。如安徽省肥西县提出对丘陵区冲洼里的拦冲塘，采取以下五点改进方法[2]：（1）塘窝水深，塘梢和塘帮水浅的拦冲塘，将原有塘底挖平，挖出的土垫高塘梢旁田的地面，相应的加高塘埂，以增加塘的蓄水深度。（2）岗冲平缓起伏甚微的浅丘陵区的小河上，原来只建蓄水量较小的拦河坝，应把拦河坝增大，成四面筑埂式，只在上梢溪河进水处留一缺口，而塘梢小河两侧，筑双面堤埂，筑到小河两岸的地面高程达到塘的泄洪水位为止，称为蝌蚪塘。蝌蚪“前身”蓄水，“后尾”引水入塘。见下页图 5－2－1－1。（3）在较大的冲洼里，地面纵坡较为平缓，所建塘下窝水深，上梢水浅。可于“水深”处建塘，加高原塘埂，上面再筑一埂岸，“水浅”处不建塘，仍为田；塘上原冲心小河，改到一侧的岗旁上，大体沿着塘的最大兴利水位开挖，既为塘的主要引洪渠道，又为所在冲的主要泄洪河道；又于塘上冲另一侧岗旁上，开一条截水沟，截拦地面径流入塘；开一条排涝渠，排“仍为田”洼地的积涝。因有两条河道引洪入塘，称为“双尾式塘”。见下页图 5－2－1－2。（4）在一个集雨面积不大，比较宽阔的冲洼里，建左右两面筑埂的引洪式塘，利用塘上冲有一边岗脊比较矮些，并有个鞍部，在此处开排洪渠，排除上冲洪水。见下页图 5－2－1－3。（5）在丘陵区，塘建成层递式，以利于高处蓄水灌高地，低处蓄水灌低地。头层塘的放水兼作第二层塘的引洪沟；第二层塘的放水渠兼作第三层塘的引洪沟……这样，除头层塘只拦蓄本冲的地面径流外，其余各层塘，不但拦蓄本冲的地面径流，还可引蓄邻近冲旁的地面径流，以及上一层塘的多余水量，规划上做到有层递的引、蓄，有层递的灌溉，以达高处蓄水灌高地，低处蓄水灌低地。



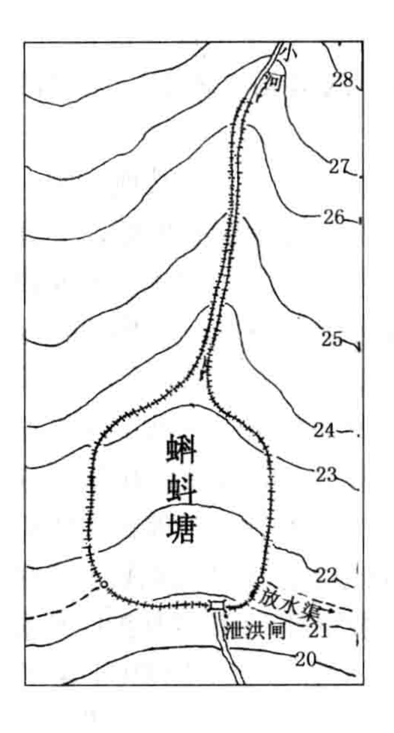


图 5－2－1－1　蝌蚪塘地形图

（采自《安徽水利科技》1980 年第 3 期）

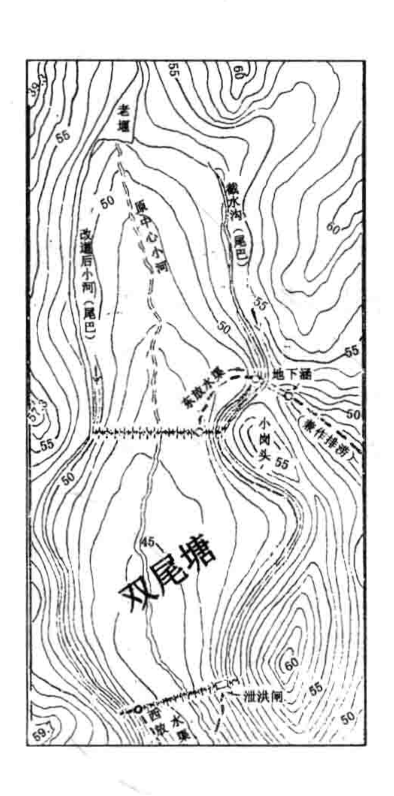


图 5－2－1－2　双尾塘地形图

（采自《安徽水利科技》1980 年第 3 期）

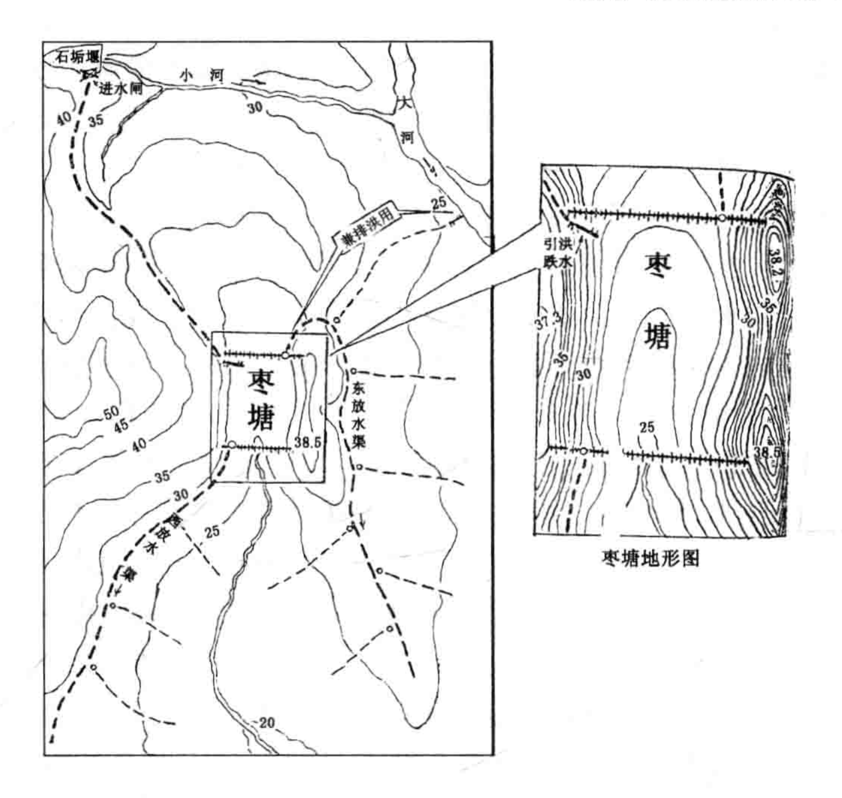


图 5－2－1－3　两面筑埂引洪式塘

（采自《安徽水利科技》1980 年第 3 期）

通过改造，将原来老式塘坝平均蓄水深 1.06 米，增加到 5.42 米；老式塘坝蓄水面积与其灌区耕地面积比为 1:4.6，改造后为 1:9，基本能达到《淠史杭灌区 1976—1985 年农田基本建设规划意见》中要求“浅丘陵区塘坝蓄水容量，要求每



亩耕地不少于400公方”的要求。

（三）蓄水坝及干砌石溢流坝

修筑塘坝主要为了蓄积河溪水和当地径流，以供农田灌溉之用，一般皆要筑蓄水坝。按筑坝的材料来说，我国早期修筑的堤坝是用土或草土筑成，有的规模很大，如西汉建成的鸿隙陂堤长达400余里。西汉时还出现了石坝。新中国成立后，塘坝仍以修筑土坝为主。目前国内已建成的中小型水库数以万计，其中90%以上是采用土坝。有的在已建的土坝上增设溢洪道成为过水土坝，其中有采用传统技术筑成灰土过水土坝的，也有加以改进，作成混凝土、浆砌石、沥青材料护面的过水土坝。这种坝在上一章已与河道上的滚水坝一并作了介绍。

传统的干砌石溢流坝工程技术目前也得到较多的继承和发展，这种坝型尤其在山区修建甚为普遍，被认为是一种就地取材的好坝型[3]。如1975年在浙江省开化县兴建的大溪坾水库和茹山水库都是采用的干砌石溢流坝，前者高27米，最大溢流单宽流量为19.7立方米/秒，后者坝高16.0米。

根据调查研究，干砌石溢流坝具有以下特点：

1. 干砌石溢流坝的结构性能介于堆石坝与重力坝之间，属于砌体结构。一方面它不同于堆石坝。堆石坝是以形状很不规则的石块抛堆筑成的堆石体，而砌石坝用形状较为平整的方整石，错缝搭接砌成，其结构性能发生了质变，表现在石体经过干砌后的稳定边坡几乎近于垂直坡，且其沉陷量微小。所以这种坝型的结构性能已不再属于颗粒体结构的土、石坝坝型范畴，更趋近于断面为整体结构的浆砌石重力坝坝型范畴，即坝的稳定受整体抗滑控制。另一方面，它又不同于重力坝。砌石坝仍然是分块，错缝搭接的砌体结构。与浆砌石相比，干砌石体中有20%的空隙存在；为了坝体稳定，坝上游坡较缓，底宽大，并利用上游坡的水重增加稳定性。同时，由于干砌石体透水性大，干砌石体部分无渗透压力。这些有利条件，形成防渗斜墙式干砌石溢流坝的优越经济指标，比同样高度的堆石坝减少成倍的工程量，比同样高的浆砌石溢流坝的工程量仅略有增加，但少用大量水泥和沙料。

2. 坝顶可以宣泄洪水。坝底可设置无压放水涵洞，挡、泄、输都在坝体内解决，枢纽建筑物布置紧凑，使抗洪能力优于土石坝，接近于浆砌石坝。当坝面的防渗斜墙遭受某种程度开裂，发生轻微漏水时，坝的安全度不致显著降低，且易于检修。故对水文资料较缺乏的山区，采用此种坝型较为适宜。

3. 设计的计算工作量较少，施工技术易于掌握。施工设备简单，施工受气候影响很小，便于土法上马。施工导流可以利用坝底涵洞，坝顶也可允许过少量的洪水。

4. 对坝址的地质条件要求介于土石坝与重力坝之间，只要求沉陷量微小的岩石基础，并不一定要求新鲜完整的基岩。

这种坝型的断面略大于浆砌石坝，目前仅上游防渗斜墙和溢流堰顶，下游溢流面和挑流鼻坎分别采用钢丝网喷浆、浆砌条石或钢筋混凝土，80%以上的坝体采用方整石干砌，故水泥用量极少，而能承担泄洪任务，能从坝顶溢流，并具有施工容易和造价低的优点，适宜在山区修建。



二、涝池

新中国成立后，北方地区群众继承以往的传统做法，继续修筑涝池，涝池数量发展很快。如陕西省黄河流域内在1956年有涝池1 240座，1985年达8 940座，30年增加6.21倍，总容量2588万立方米。北方陕、甘、晋、内蒙、青、宁、豫七省(区)1985年黄河流域共有涝池19.8万座，总容量8 343万立方米[4]。

根据群众经验，涝池应尽量利用高于农田的局部低洼天然地形，挖土筑埂建造。为防止漏水，蓄水池应选在土质坚硬的黏土地方，以及来水路较多，便于引水、用水的地方。避免在地面有裂缝、陷穴和地层不稳定的地方修建。

涝池的大小、形状和蓄水量多少，取决于集流面积、灌溉面积、降水和地形条件等因素，小的只蓄水几十立方米，大的蓄上万立方米。为了减少蒸发和渗漏损失，涝池不宜过小，宜深不宜浅，形状以圆形为佳。

涝池的结构包括池底、堤埂、进水口、放水口和溢洪道等部分。平地挖掘时将挖出的土培筑池埂，以扩大蓄水容积和防止杂物入池；坡地涝池通常依地形作成半挖半填的形式。填方的堤埂必须夯实以免漏水，埂顶应高出水面0.5米左右，顶宽不应小于1米，环池可以种植林木，以减少蒸发，巩固岸坡。为了防止涝池渗漏，池底、池壁均用3:7灰土夯实；如用黏土，应将黏土打碎晒干，均匀铺底，厚约0.3米左右，洒水夯实；石料丰富的地区用块石砌筑，白灰或水泥浆勾缝。如池底为基岩并有裂缝时，应灌白灰砂浆或水泥砂浆，填塞严密。

进口输水道应与山洪截水沟或其他水源连接，以便引洪入池。进水口的底槛比洪水面稍高，使周围水流亦流入涝池。为了避免蓄水过多漫溢，冲毁堤埂，常在堤埂上修筑溢洪道，用块石、草皮铺砌。溢洪道的底槛高度，根据蓄水和溢流需要确定。涝池水面高于地面时，可在堤埂下，埋设涵管，并做闸门以控制蓄放；如水面低于地面，可架设提水工具。[5]

三、水窖

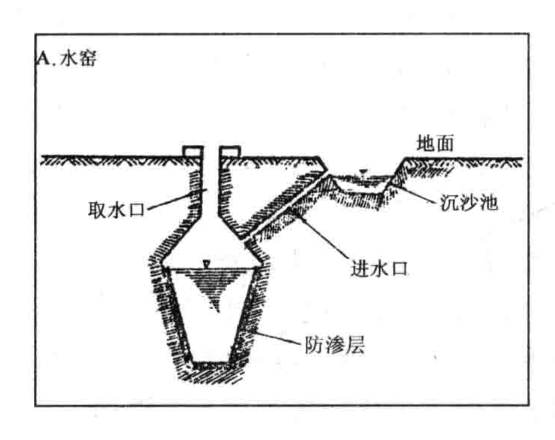
在北方高原、山区和缺水区，群众早就创造了一种蓄水的水窖，以解决人畜饮水问题。新中国成立以后，已由村落路边发展到农田中修建，成为高、旱地区蓄水的一种主要水利措施，同时也起着控制水土流失的作用。

水窖的位置应选在有较大来水的地点，并结合方便用水的要求。做法是在地下开挖一个瓶状的土窖，每个容量约10立方米，底部和四壁用胶泥捶实防渗，下雨时，将地表径流初步澄清后，引入窖内存储，供长年饮用。新中国成立后，各地又创造了多种形式，其中窑式水窖储水最多。方法是在地下开挖一个类似人住的土窑，底部和四周用胶泥捶实(或用水泥沙浆抹面)防渗，这种水窖的长度可以较大，容积可达100~600立方米[6]。近些年来水窖作为干旱地区节水的重要措施备受重视，发展更快。见下页图5-2-1-4。

四、坑塘

在华北平原地区，古老的坑塘工程技术也有了重大发展，人们通过开挖坑塘，拦蓄降雨径流，滞沥、除涝、灌溉，取得了治理旱、涝、碱的经验[7]。如河北省沧州地区处于海河流域的下游，东临渤海湾，地势低洼，土地盐碱，年降雨量变化大，年内降雨量分配又不均匀，旱、涝、碱长期影响该地区农业生产的发展。多年





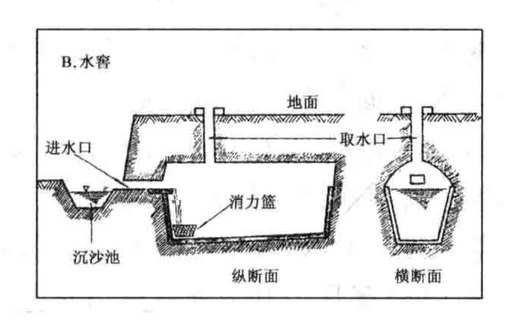


图 5-2-1-4　水窖、水窖示意图

（采自《中国水土保持概论》）

来对于如何通过治水解决旱、涝、碱的问题，经过了一个摸索的过程。如 20 世纪 50 年代末，在没有排水条件和防碱措施的情况下，平原大搞地上蓄水灌溉，造成了土地的次生盐碱化。进入 60 年代，转入以排为主，只排不蓄，使大量水资源流失。70 年代，广泛开发利用地下水，大力发展井灌，灌溉了总耕地面积的 35% 左右。但由于深机井布局不合理，使得地下水位普遍大幅度下降，出现了以沧州市为中心的深层水位负十米以下的漏斗区。浅井区多年只采不补，地下水位也普遍下降，使许多浅井报废，而转向打深机井。地表水由于连年的干旱和上游节节拦截，河道全年断流。通过正反两方面的实践经验，人们逐渐认识到，在有一定排水工程基础的情况下，大力发展坑塘建设，拦蓄降雨径流，散蓄散排，是平原地区调蓄水资源，提高抗灾能力，改善和稳定农业生产的重要手段，是治水改貌的重要途径。

如地处渤海滩边的黄骅县羊二庄，有耕地 28 000 亩，过去靠天吃饭，产量低而不稳。自 1973 年开始结合农田基本建设，挖坑塘 28 个，面积共 374 亩，用弃土填平夹沟 50 余条，造地 150 亩，建成排、灌方田 12 000 亩，井、坑、渠并用，使水浇地发展到 14 000 亩，其中坑塘一次有效蓄水能力达 60 多万立方米，浇地7 000 亩，占水浇地面积的 50%，基本上实现了人均一亩水浇地。粮食产量由 1972 年的平均亩产 200 斤增加到 658 斤。

在平原旱、涝、碱地区，建立完善的坑、井、渠三位一体的联合调控水资源的工程体系，才能转害为利，综合治理旱、涝、碱。坑塘在这一体系中起着重要的作用：（1）拦蓄降雨径流，调蓄水资源抗旱灌溉。沧州地区多年平均降雨所产生的年径流深为 66.1 毫米，除一部分被排泄入海外，其余则广泛地分散于浅坑浅洼和夹沟废壕内。由于集水浅，补充地下水有限，大部分很快就被蒸发掉，还造成周围土地的盐渍化。建造坑塘后，把径流拦蓄起来，可转害为利。如一个深 6 米，正常蓄水深 4 米，一次有效蓄水 5 万立方米的坑塘，再加上坑塘中渗入的地下水两万立方米，共可调控水资源 7 万立方米。除去水面蒸发量后，尚有可用于抗旱灌溉水 6.44 万立方米。如抗旱浇一次保命水，可保浇 1 300 多亩。（2）能有效地滞沥除涝，解决旱涝问题。坑塘建设不仅能蓄水抗旱，还能使涝水排入其中，使耕地作物不涝不渍，只要注意把坑塘蓄水水位控制在返盐临界水深以下，就不会引起盐碱

化，这样就解决了长期存在的“旱涝对立”、“排灌矛盾”，使沥水转化为灌溉水源。(3) 利用坑塘采补地下水。一般面积为20亩，深6米的坑塘周年调节，对四周采补地下水的影响范围200米左右，每年可采补地下水2～3万立方米。为了提高坑塘采补地下水的量，有的还在距坑底0.5米的黏土层中打了横向辐射孔，长30米，每个辐射孔一般涌水量为4～5吨/小时。使用状况证明坑塘对地下水的采补能力是很大的。(4) 淡化地下水，改造盐碱地。由于利用坑塘滞蓄淡水，并把蓄水位经常控制在返盐临界水深以下，常采常补，既能淡化地下咸水，又能改造周围的盐碱地。(5) 蓄水养鱼种藕，发展多种经营。一般一亩水面可产淡水鱼200斤，藕1500多斤。其他还有整治农田，调节气候，美化环境等多方面作用。

认为坑塘建设应注意的技术问题有：

(1) 确定适当的坑塘深度。坑塘深度不宜少于3～4米，浅了坑塘蒸发渗漏大，易干涸，在涸水季节无法采集地下水，发挥不了抗旱作用，综合利用效率不高。坑塘的深度一般应深5～7米，坑底在干旱年份春季最枯地下水位以下2米多。这种坑塘能拦蓄降雨径流，或引蓄河水，及采补地下水进行抗旱灌溉，又能滞沥除涝，同时结合养鱼种藕，综合利用价值较大，效益显著。

(2) 选择适宜的坑塘面积和坑塘间距。为了充分利用坑塘蓄水，提高利用率和有效地采补地下水，减少蒸发量，坑塘的大小可在已确定深度的情况下，根据坑塘地下水回渗量大于水面蒸发量的范围内选择比较合理的坑塘面积。在沧州地区，确定坑塘面积一般在15～30亩的范围内，最大不超过40亩。

为了充分发挥各坑塘采补地下水的最大效益，坑塘之间的距离应大于两坑对地下水采补影响半径之和（约400米左右）。但为了蓄、排方便，可用沟渠相互连通。

(3) 控制坑塘蓄水位。坑塘蓄水位应经常控制在返盐临界水位以下。汛期为了滞沥除涝，最高临时蓄水位也不应超出地面以下1.5米，以免由于蓄水位过高造成周围土地的次生盐碱化。

(4) 必须做到能蓄能排。建设坑塘工程，必须使坑塘与沟渠连通，做到能蓄能排，能灌能养。坑塘进水口要设防冲防淤水簸箕、沉沙池，出水口要有小型闸涵控制。

此外，坑塘要设专人管理，严防污染，力求调蓄用好水，提高坑塘的综合利用效益。

历史上黄淮平原因为年际、年内的降雨量分布极不均衡，出现水少时强调修筑陂塘蓄水灌溉，水多时强调开挖河沟以排除洪涝和防止土地返盐。旱、涝、碱问题，排、灌矛盾得不到妥善解决。而沧州地区在近三十年来，通过改进传统的坑塘技术，积极开挖和改造坑塘，并使坑塘与井、渠联合调控，较好地解决了旱、涝、碱问题，这一方法亦成为治水改土的一条重要途径。

第二节　传统陂渠串联工程技术的继承和发展

陂渠串联工程技术我国很早就已运用，战国时期汉中地区的白起渠即采用这一



技术兴建。汉代南阳地区、汝南地区也大量兴修陂渠串联工程，之后逐渐向南方山丘地区发展。新中国成立以后，在原有小型塘堰工程和引水灌溉系统相结合的基础上，继续发展这一技术，称之为长藤结瓜式灌溉系统。见图5－2－2－1。

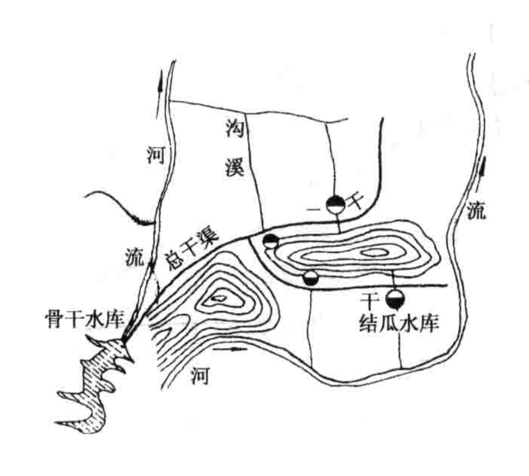


图5－2－2－1　长藤结瓜式灌溉系统示意图

长藤结瓜式灌溉系统主要在丘陵山区修建，规模从小型发展到大型，从小网联成大网，从开发小河流到利用大河流，从一个河系发展到与几个河系相连。如安徽淠史杭灌区，自1958年至1982年，在淮河水系的淠河、史河及长江水系的杭埠河的上游建成佛子岭、响洪甸、磨子潭、梅山、龙河口五座大型水库，这些水库成为多首制渠首，又沿岗峦起伏的分水岭修建总干渠二条，干渠13条，以及分干渠和支渠358条，沟通了数条大河，灌区内修建中型水库23座，小型水库1100多座，以控制灌区内的地面径流，形成千里灌区，灌区内流域之间水资源可得到调配，使安徽的六安、霍丘、寿县、舒城、合肥等11县市和河南的固始、商城等县的广阔丘陵及平原900多万亩农田受益[8]。

长藤结瓜式灌溉系统的优点是明显的：（1）充分利用山丘地区可能利用的水源，扩大灌溉面积。在非灌溉季节，利用渠道引河水蓄塘，用水紧张季节，河水和塘水同时使用。干、支渠傍山渠道还可拦截部分当地径流，进行灌溉或引入塘堰蓄水。（2）增强塘堰调蓄作用。塘堰水库有河水补给，提高了塘堰水库的复蓄次数和抗旱能力。（3）提高渠道单位引水流量的灌溉能力（即单位流量所能灌溉的面积）。一般引水灌溉系统，都只是在用水季节内进行引水灌溉，在非灌溉季节则中断进水，因此渠系单位引水流量的灌溉能力有限。而长藤结瓜式灌溉系统由于渠系内部连接了许多塘堰和小水库，能把非灌溉期间的渠道进水量储存起来，以供灌溉季节之用，即群众所称“闲时蓄水，忙时灌田”。这种用水形式，就使单位引水流量的灌溉能力大为提高。（4）有些长藤结瓜式灌溉系统中的骨干渠道常年输水，有利于发展水电和航运。

长藤结瓜式灌溉系统是实现丘陵山区水利化的主要措施，对于长藤结瓜式灌溉工程的设计和施工人们也积累了一些经验。

江西省吉安市青原山引蓄水灌区工程即是长藤结瓜式灌溉系统。它系由一处引水陂坝，一条长11.13公里，引水流量5立方米/秒的盘山引水干渠，8座水库和1 000多口塘堰组合而成，为有调节单首制长藤结瓜式水利系统，引蓄青原溪溪水。它能灌溉河东地区2.2万亩水田中的1.9万亩农田。通过兴修此工程取得了丰富的技术经验，有利于探讨此类工程的设计施工问题。[9]

1. 关于引水干渠选线定线问题。青原山引蓄水长藤结瓜式灌溉工程地处丘陵山区，岗谷相接，起伏较大，如何跨越这些天然地形障碍，直接影响到引水干渠的合理选线、定线，以及自流灌溉的面积，工程的难易和投资的大小等。

一是引水干渠通过河溪与冲沟的方式。青原山引水干渠在通过河溪与冲沟时，



除有四处修筑渡槽，一处串联水库外，大多数沿等高线布置，或修筑填方渠道直接通过，以求控制全部灌区面积，也即是主要运用“绕”或“填”的方式，这样施工群众易掌握，进度快；同时附属建筑物减少，节省财力物力。但长度较大的绕弯渠道和填深较大的填方渠道会给工程维修带来困难，这些渠段一场大雨，就会发生崩塌、淤塞、冲毁等情况。

一般引水干渠通过河溪和冲沟的方式大体有两种：一为沿等高线绕过山谷的平交方式，即山沟与渠道在同一高程相交。又可分为两种情况：有的渠道沿等高线绕过沟谷；有的在渠道和山谷相交的地方建平交道。二为半绕半跨或直线跨过的立交方式，即山沟与渠道在不同高程上相交，又大体分为三种情况，有的修筑填方渠道，有的利用渡槽跨过，有的借倒虹吸通过。见图 5－2－2－2。

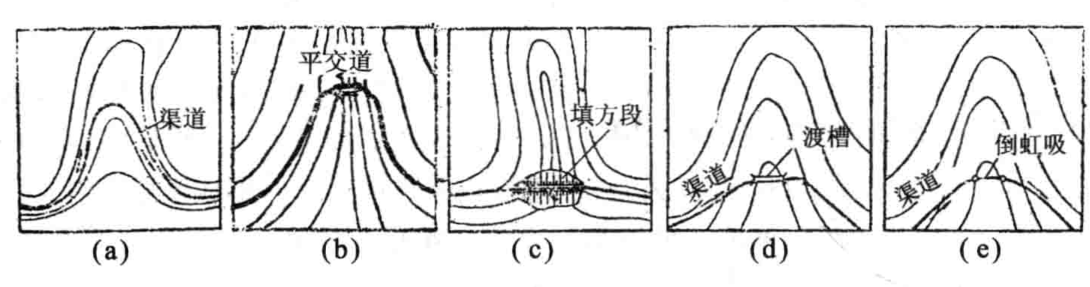


图 5－2－2－2　渠道跨沟的各种方式

青原山引水干渠通过河溪与冲沟时，采用“绕弯”的方式平交，此时，渠线增长，水头损失加大，流速减慢，引水时间延长，造成每次雨后都有程度不同的塌方，阻塞干渠影响通水。因此，就于大块塌方处，改建涵管通过；小块塌方，加做浆砌块石护砌。

采用填方渠道，渠线短直，但占压农田多，并要严格控制施工质量，否则会造成严重的渗漏、滑坡，甚至坍塌事故。

可见采用“绕”或“填”的方式，有利也有弊，要根据具体情况决定渠道通过河溪与冲沟的方式。对于土质较好，地形又较平坦，碾压密实，填方深度不高，一般不超过 10 米，以及绕弯长度不大，地形平缓开阔的浅山冲的渠道，采用“绕”与“填”的布置还是可行的。如谷口较深，谷深较大，则采用渡槽立交方案；谷口较宽，谷深很大，则采用倒虹吸方案。

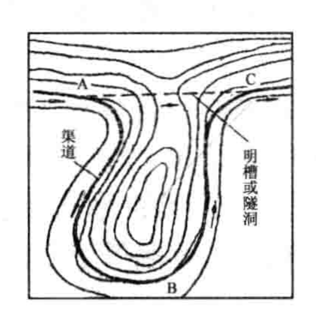


图 5－2－2－3　渠道通过岗地的方式

二是引水干渠通过山冈与高地的方式。渠道通过岗地或高地也有两种方式：一为“随凸就凸”，即沿等高线以弯曲的渠线绕过山冈；一为开明槽挖隧洞，以直线通过。据青原山引水干渠施工经验，在绕线长度不大，土质较好时，还可采用绕线过岗的布置方式；假使绕线长度过大，则宜用开明槽或打隧洞的方式。在挖深大于五六米以上时，应以埋设涵管为好；如挖深超过十米，又具备挖洞条件的，最好采用隧洞方案。见图 5－2－2－3。

2. 关于引水干渠的“结瓜”问题。引水干渠的“结瓜”问题，实质是如何解决多引水、多蓄水的问题。实践证明不能盲目地追求库



塘连接越多越好，应对结瓜的布置方式，根据具体条件作合理的选择。否则，事倍功半，达不到预期的效果。

结瓜的方式大体上有两种：

一是串联式的结瓜方式。串联式的结瓜方式是干渠直接穿过被连的水库。它有施工简单、省工、省钱、见效快的优点。但实际运行中存在不少问题：（1）每次向下游放水时，必须首先放水充满库塘，然后再向下游输水，这就延迟了输水时间，影响向下游及时供水。特别是当库塘干枯时，影响更为严重。（2）库塘的蓄水位随渠道水位降落和上升，根本不起调蓄作用，也无法进行养殖。（3）水面大，蒸发量大，而且增加了渠道汛期的防洪负担，如果库塘的堤坝质量不好时，则渗漏严重，防洪负担更重。因此，这种结瓜方式是不合理的，一般不宜采用。

二是并联式的结瓜方式。一般有三种：（1）库塘高，干渠低，干渠从库塘下游通过，有专门的引水渠道通入干渠。这种库塘只能调蓄自身集雨面积上的来水，补充灌溉渠道。如果库塘规模大，水源多，则采用这种布置方式作用就大；反之，库塘容积小，集雨面积小，补充调蓄的作用就不大。（2）库塘低，干渠高，从干渠另修引水渠与之相联，并设闸控制。这时库塘能承纳并调蓄从渠道注入的河溪水及渠间地面径流，并通过库塘的涵管放水灌溉库塘以下的农田。（3）渠道高程与库塘高程相差不多，干渠在坝顶或坝外坡的戗台上通过。这种形式，可在干渠上游设闸引水充库塘，再通过坝下埋设的涵管放水灌溉下游农田。但要对渠道采取良好的防渗措施，注意土坝修筑质量。

青原山引蓄水灌区经多年的实践比较，认为并联式是一种比较理想的结瓜方式，可以广为采用。

3. 关于灌区渠系联网问题。青原山引蓄水工程新老水利设施，因地形、地质条件的限制，在灌区内分布不均，每处库塘蓄水容积大小与农田所需的用水量不协调。有的地方塘坝多，农田少，水量过剩；有的地方农田多，用水量大，又无好的地形建库，供水与用水发生矛盾。因此，灌区内渠系联网是提高供水保证率，扩大灌溉效益的重要措施。灌区在初期运用时，各库塘是各自开灌溉渠，各灌各的田，结果有的库塘灌区水多用不完，有的库塘灌区水少农田受旱。之后，把灌区内的主要水库的灌溉干渠互相连通，使水源互相调节，实行了点（库塘）、线（灌溉干渠）、面（灌溉面积）一条龙，以余补缺统一灌溉的目的，初步形成了一个较为完整的长藤结瓜式的灌溉系统。

此外，经过总结实践经验，基本形成长藤结瓜式灌溉系统的水量调配原则：（1）充分发挥渠、库、塘联合运用的作用。一般是小型塘堰蓄水用于用水高峰，中型水库蓄水用于次用水高峰，大型水库常年供水。（2）先用河流、沟溪及坡面的天然径流，后用水库、塘堰的调蓄水量。（3）在充分调蓄和利用当地径流的前提下，调引外区水量。（4）最大限度地开发水利资源，满足综合利用要求。

总之，长藤结瓜式这一传统灌溉工程在新中国成立后得到迅速发展，修建的范围广、数量多，在工程技术方面积累了丰富的经验。我国山丘土地面积广大，占到全国土地总面积的三分之二，如何解决丘陵山区水利问题，修建长藤结瓜式灌溉工程是一种很好的途径，所以我国人民创造的这项水利工程技术是具有强盛生命力



的。

第三节　传统开发利用地下水技术方法的继承和发展

我国古代在开发利用地表水的同时，也很重视开发利用地下水，主要通过挖泉凿井加以利用。明代徐光启总结的“用水五术”中即有利用泉水的工程技术方法，还撰有玄扈先生《看泉法》（《农政全书》卷一四）。清代郭云陞《救荒简易书》载有寻找泉水的方法。新中国成立以后，传统的打井方法和提水机具继续使用，并得到改进。在寻找地下水方面，群众中存留的丰富经验得到进一步的总结。

一、传统打井方法和提水机具

20 世纪 50 年代，广大农村用于灌溉的水井大部分仍为土井，如华北平原新中国成立初期有各种土井 200 多万眼。这一时期努力对传统的打井方法进行改良，尤其是开凿筒管井的技术进展较大。

（一）筒管井

筒管井的雏形在清代已经出现。光绪二十二年（公元 1896 年）成书的《救荒简易书》卷三载有增加新、旧井出水量的方法：“旱年新井不旺，可用两根又粗又长竹竿深入井底数丈，然后将此竹竿各节打通打透，留而勿出，则新井水泉汪洋，灌溉不可胜用。”并说旧井也可照此办理。此法很是简便，又能增加出水量。现代称由上部直径较大的筒井和下部的管井联合而成的井为筒管井，也称联合井。筒管井在筒井的井底加凿管井，可增加出水量；又筒井开挖过深施工不易或不经济，筒管井则比同样深的筒井更经济些。

河南省 1956 年创制了一种凿井方法，称为“56”打井法。其井结构上部为 8 块扇形砖砌筑，形成直径为 0.5 米的小砖筒井，下部为木管管井。这种井取用几层含水层，出水量大增。这一方法在河南省得到施行，不是偶然的，应当说与《救荒简易书》中筒井底部插入竹竿的方法是一脉相承的。《救荒简易书》的作者郭云陞是河南人，书中记载的凿井技术是总结了群众的实践经验，之后此技术经验在民间得到了传承。

新中国成立后经总结群众经验，筒管井一般在以下几种情况下采用[10]：（1）需要增加筒井的出水量。筒井用人工开凿时，在潜水含水层较厚的情况下，要凿入含水层很深以使筒井的出水量增大是很困难的。又在干旱季节，地下水位下降很多，有时甚至干涸。这就难以满足供水和灌溉的需要。为了充分利用潜水层，可在筒井底中心再钻一管井，管井全部作成滤水管形式。由于此种情况下井多不深，故可利用木管、竹管及棕皮、苇篾、铅丝等作成网式或缝式滤水管。在筒井底应铺沙砾滤水层，以防水位降落较大时底部可能涌上砂来。（2）需要利用几层含水层。筒井可利用上层无压水，而下面凿管井，就能利用第二和第三层有压含水层。（3）需要取用深层有压地下水，使深层水沿管井上升到筒井中。此时要将筒井的井壁井底均封闭，成为地下蓄水池。

之后，筒管井又发展为水柜，所蓄水量更多。方法是将筒井部分用大的集水坑代替，仍在坑底加凿几个管井，这样，水柜可像筒管井一样集存浅层水和深层水，



因其进水面积大，上部蓄水坑容积大，所以蓄存的水量比筒管井多。此外，水柜开凿面大，开挖容易，造价低廉，所以在地下水埋藏较浅的地区，可广泛使用。

（二）井群

单个井又发展为井群，在只靠一眼井难以满足水量需要的情况下，在一地修建两眼或更多的井，各井互相联通，统一集中管理，便成为井群。群众所称的连环井，也属于井群的一种类型。这种井先在沟底挖沟，再在新挖的沟底，每隔一丈左右，打三、五眼井，井间挖沟串联，形成连环井。这种井的出水量比一般土井高3~5倍[11]。

（三）土井及井渠结合灌溉

20世纪60年代以后，灌溉土井渐被深的机井所代替，进入80年代以来，个体户承包和联户经营责任制的发展，使得各种土井又发展起来。据1982年调查，仅天津、河北沧州、衡水等地区就有各种土井几十万眼。如沧州青县，1982年有真空井6 100眼，人工手压井2 000眼，各种大口土砖井5 000眼；南皮县有手压真空井4 500眼，机带真空井4 054眼，砖井358眼[12]。

土井主要开发浅层潜水，其好处是明显的[13]：（1）开采层容易获得当年的补给。因为土井开采的是潜水，埋藏浅，雨水易渗入补给。而深的机井开采的是深处地下水，靠自然补给时间长。目前华北地区的京、津、河北省、河南省北部、山西省中东部已形成联成一片的大范围的地下水漏斗区，说明过量开采深层地下水，补给不易，已产生了严重的问题。而开采浅层潜水一般不会引成地下漏斗区，所以在有条件的地区应提倡打浅井。（2）开采潜水方便经济，便于农户管理。所开井浅，技术较为简易，所费资金不多，农户可自行管理。（3）有改良盐渍土的效果。开采潜水后降低了地下水位，有利于防止土壤返盐，达到改良盐碱土的目的，效果很是显著。而明渠灌溉时渠道渗漏和灌溉水回补易抬高地下水位，引起返盐，其他蓄水措施也易引起土地盐碱化。因此，目前采取井、渠结合，或者井与渠、坑塘结合，河道节制闸、深渠与浅井结合等方式。

在灌区内运用“井渠结合灌溉”，其优越性有以下几方面[14]：一是提高农田灌溉保证率。因打井可增加灌溉水源，在渠水未能及时到达的农田可先用井灌，渠水到后再用渠灌。二是便于灌溉管理。在我国北方，小麦冬灌一般都选在“夜冻昼消”，日平均气温为4℃左右时进行，但冬灌时期常有寒流侵袭，若放水冬灌时遇到寒流，会出现闸门冻结、渠水结冰，麦苗“凌抬”等现象，给管理工作造成很多困难。若冬灌采用井灌，则由于井灌较机动灵活，能速灌速停，从而避免了麻烦。三是有利于防止土壤次生盐碱化。华北地区冬春季节，气候干旱，雨少风多，耕层土壤强烈返盐，要严格控制地下水位在临界深度以下。因此冬灌宜采用井灌，以降低地下水位，抑制冬春季表土返盐。四是能减免内涝灾害。7~9月汛期降雨量集中，若汛期完全采取渠灌，会加重内涝灾害。实行井渠结合后，汛期也采用井灌或井灌竖排，就能降低地下水位，增加土壤的蓄水能力，从而减轻内涝灾害。

目前在华北平原，一些灌区在枯水季节利用浅井，提取地下水灌溉农田，降低地下水位，腾空“地下水库”库容；汛期丰水季节，通过渠道引水灌溉和蓄水侧渗，补给“地下水库”水量。人们已认识到解决华北平原土壤盐碱化的主要途径



是井渠结合的方法[12]。目前华北平原的灌溉抗旱，已形成以井灌为主，井渠结合的方式，这能有效地防止土壤盐碱化。

（四）拉水井和压水井

关于提取井水的工具，群众也运用传统汲水工具的工作原理，演化和革新出一些简易的汲具。如拉水井，其汲水原理与有两千多年历史的“渴乌”相同。《后汉书》卷七八《张让传》记载，东汉灵帝中平三年（公元186年）使掖庭令毕岚“铸天禄虾蟆，吐水于平门外桥东，转水入宫。又作翻车、渴乌，施于桥西，用洒南北郊路”。唐代李贤解释说：“渴乌，为曲筒，以气引水上也。”也即让筒中产生一定的真空，利用压强差源源不断地汲水。拉水井的原理与此相同。

拉水井的制作，简易灵巧：用一根长约八九米的八号铁丝，一端接一个小活塞，塞入一个直径约30毫米的塑料管内。管的下端塞一木制进水活门，上端将露在管外的铁丝弯成钩形，然后将塑料管装入打入地下的外井管里，一个拉水井就做成了。制成一眼拉水井全部费用仅50元（1993年价）左右。如用压水井改造，仅20多元就够了。用手拉动铁丝钩，地下水就会从塑料管里源源不断地流出来。活塞和进水活门也十分简单精巧，只要用一根地排车辐条和几片橡皮垫，就可以很方便的制成了[15]。

拉水井是在压水井的基础上改造而成的，而压水井也是农民群众自行打成的，压水井也叫“撞井”[16]。打井时采用农村打井机的钻杆，人工往地下撞击出地洞，待冲到预定的深度后，拔出钻杆，将已作好的井管放入井孔内。井管一般用直径50～60毫米的铁管或塑料管，用竹管也可，井管末端半米长的范围内不规则地钻些直径约10毫米的小孔。压水井抽水方式是于井上部装压水机（用柴油机废旧缸套、活塞改制），而拉水井抽水方式如上所述更加简便。拉水井和压水井适合人畜饮水或小面积灌溉之用。由于打井简便，取水方便，不花水钱，所以拉水井和压水井在一些地区推广开来，几乎达到每户一井，甚至一户数井的程度，有些菜园、瓜地也建造了这种井。

二、群众开发利用岩溶地下水的技术方法

我国南方石灰岩分布面积广大，岩溶地区地面水存留不住，大部流入地下，因此，这些地区地面水缺乏，而地下水蕴藏丰富。自古以来各地群众积累了开发利用岩溶地下水的丰富技术经验。新中国成立以来，开发利用地下水更是取得很大成就，技术经验更加丰富。现仅就湖南省总结的群众开发利用岩溶地下水的十种技术方法述说如下[17]：

湖南省可溶岩出露面积约占全省总面积的35%，主要分布在湘西、湘中、湘南一带。这些地区地表径流稀少，岩溶发育，大部分降雨转为地下径流。新中国成立后经过开发，至20世纪70年代统计，在岩溶区兴建的大中型水利工程和引用岩溶地下水的工程共7290多处，灌溉面积400万亩，于是改变了岩溶山区的干旱面貌。当地将辰溪、龙山、零陵、慈利、凤凰、怀化、吉普等县群众开发利用岩溶地下水的方法进行了总结，大体有下列十种：

1. “堵”。群众称为“堵口子”，有“堵前门”和“堵后门”两种方法。当岩溶形态以伏流、盲谷、溶蚀洼地出现时，以混凝土或浆砌石堵死伏流进水口，利用盲



谷、洼地蓄水，称为“堵后门”；在伏流出口处堵口，形成地下水库，称为“堵前门”。一般以“堵后门”较易成功，在特定条件下才采取“堵前门”的方式，主要应防止漏水点。见图5－2－3－1和图5－2－3－2。

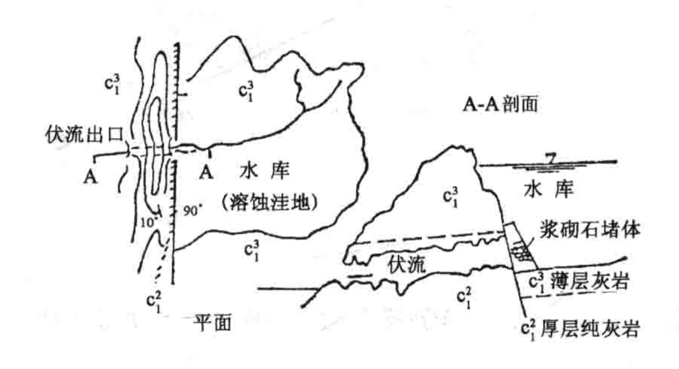


图5－2－3－1 “堵后门”示意图（辰溪县佘水溶水库）

（采自《水利水电技术》1978年第1期）

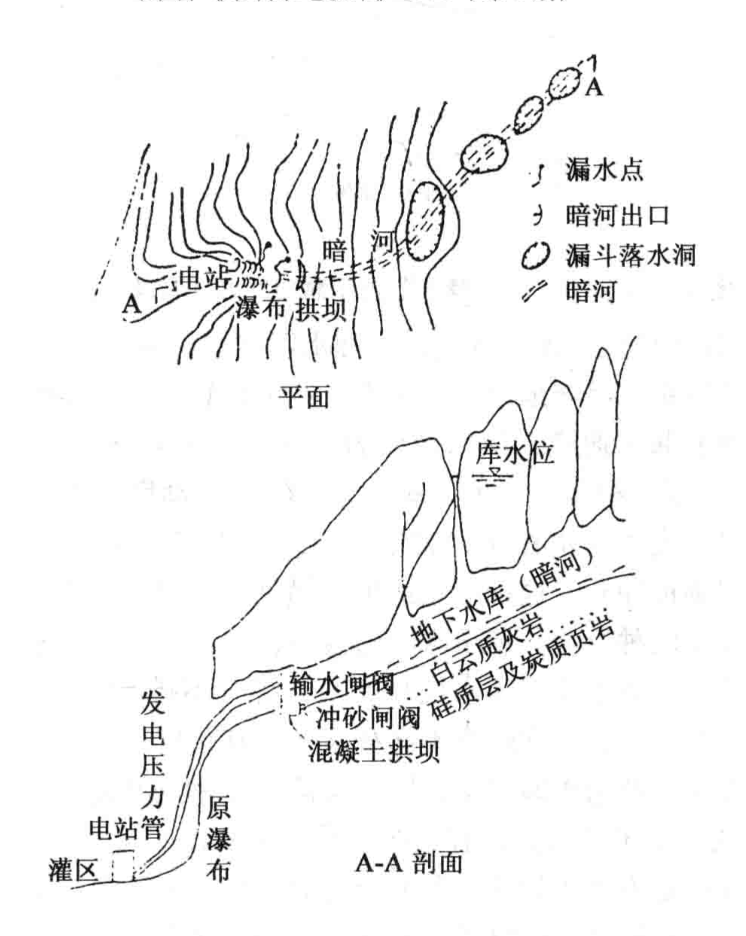


图5－2－3－2 “堵前门”示意图（裕鸿水电站）

2. “卡”。群众称为“卡脖子”，就是在地下水流的咽喉部位堵住水流，抬高水位，建成地下水库。在复杂岩溶地带，洞穴网状串联，这种地区建库要找出总的地下水排泄咽喉，即能卡得住，且工程量小的地方。还得注意建库后，因水头较大，往往会压穿新的洞隙，要采取补救措施。见下页图5－2－3－3和图5－2－3－4。

3. “盖”。群众称为“盖盖子”。就是堵住垂直发育的溶洞（落水洞、溶井



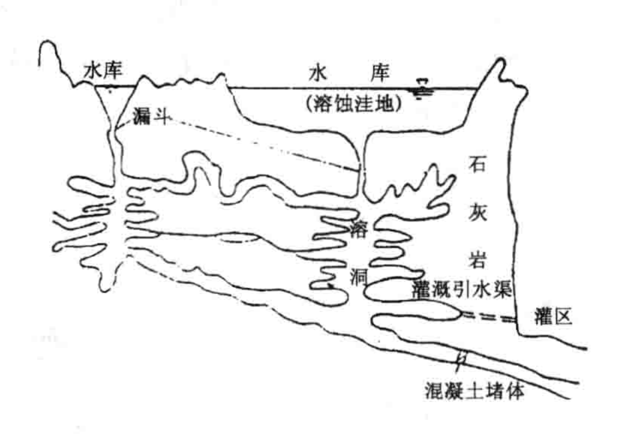


图5-2-3-3　“卡脖子”法示意图之一（湖南内弯水库）

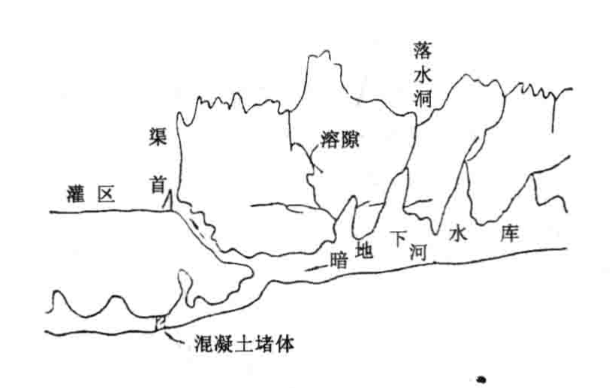


图5-2-3-4　“卡脖子”法示意图之二（零陵县江沅水库）

等)，利用溶蚀洼地建成水库，或用以处理水库漏水。用“盖盖子”的方法封闭库底溶洞与外界的联系，将洼地改造成水库，但下伏洞穴具有气、水压力，往往会顶穿库底，造成新的漏水通道，使水库成为空库。为了防止这种情况的发生，可将“盖盖子”法的盖子结构采用以下一些形式：(1) 自动启闭闸门式。自动启闭闸门安装在落水洞口，当水库水柱压力大于暗河地下水向上顶托压力时，闸门自动关闭，反之，闸门则被冲开。这种形式适用于堵塞任何情况下的落水洞。(2) 烟囱式。有排气和排水两种形式，装于水库边缘浅水区。(3) 排气管式。采取垂直或沿坡排气管，管口高出水库最高水位0.5米，排气不排水。(4) 卧管式。在落水洞口修建一条混凝土卧管，在卧管不同高度上设有孔口，当地下水位高于水库水位时，即由卧管排出，补给水库水量，同时又能排气和防止地下水的巨大静水压力。(5) 严密堵盖式。用于当邻近具有天然溶洞伸至地表（高于水库蓄水位），能代替排气道，并且查明是不通水的落水洞方能有效。对直径较大，深度较深，水又不易抽干的落水洞，可先铺上三层纵横密集的松木排，再在松土排上加三合土捣实。

4. “围”。群众称为“围围子”，就是在洞口围堤或筑堰，以抬高水位灌田。这种方法主要用于洞内堵塞抬高水位困难的地方。见下页图5-2-3-5。

5. “蓄”。就是在岩溶区建坝蓄水。这种地区建坝主要是解决漏水问题，利用相对隔水层，即寻找相对弱岩溶化地层及非溶的砂岩、页岩之类隔水层，并把坝址选择在具有抗渗性的地层上。



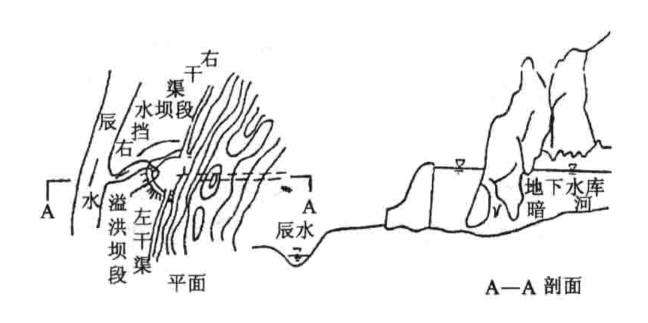


图 5－2－3－5　“围围子”法示意图（长溪县白叶洞水库）

6. “截”，就是“截潜流”。一般在岩溶区的古河道、干河上、山前冲积扇及河流转弯的地方，均可拦截地下潜流，构成地下水库，只需在垂直河流流向挖一沟槽，作黏土斜墙即可。渠道接坝前水池或涵洞，即可引流灌溉。这种开发利用岩洞地下水的方式具有不怕洪水冲刷、坝体安全、无蒸发损失、不侵占农田、无淹没损失等优点。

7. “引”。就是打隧洞通至溶洞，引出暗河水流的方法，群众俗称“钻肚子”。若暗河水位较低，可在暗河适当处建一堰坝，抬高水位，引水入隧洞。此外，如果暗洞洪水、枯水相差悬殊，洪水流量泄跑了，而枯水流量又不能满足需要，可在隧洞下游适当地点修筑水库，以容纳洪水，扩大灌溉效益，称为“钻蓄法”。见图 5－2－3－6。

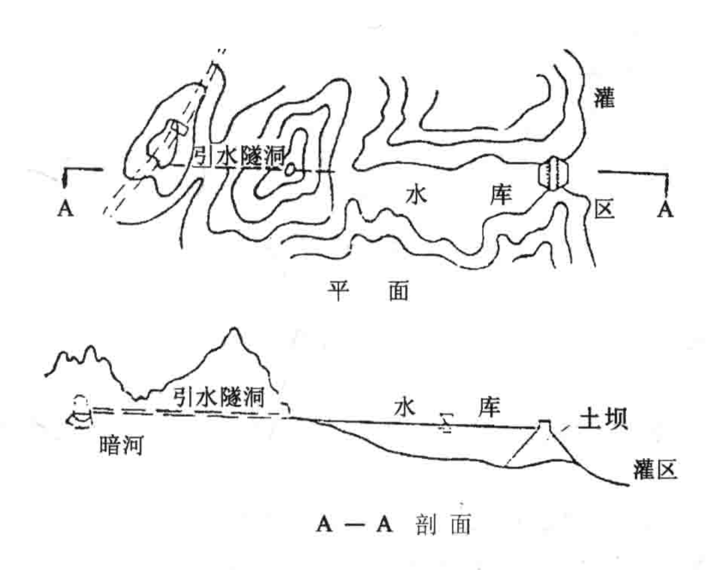


图 5－2－3－6　“钻蓄法”示意图（零陵野牛岩水库）

8. “提”。就是利用抽水机械抽提岩溶水。在落水洞、溶井、暗河天窗处，岩溶水距地表不深时，可因地制宜地用机械抽水。

9. “井”。就是在岩溶自流水盆地中打井引水。采用这一方法，需要进行地质勘测工作，找出有承压水的自流水盆地，以保证打井的成功率。

10. “汇”。就是群泉汇流，将大大小小的泉水集中起来加以利用。把一批年内丰、枯涌水量变幅大的泉群，选择合适地形筑坝，拦蓄成库。

另外，湖南省冷水江地区碳酸盐岩溶比较发育，特别是北部边缘的中连乡青云片，石灰岩裸露面积达 75%，地表水缺乏，以前农田灌溉和人畜饮水十分困难。从 1983 年



开始，连续用5年时间，积极开发地下水资源，使过去“水贵如油”的岩溶干旱地区变成了水旱无忧的鱼米之乡。当地开发地下水的工程措施主要有以下几种[18]：

1. 打井。当地下水埋藏不深，预计在25米以内有含水层出露时，就采用打井扩泉。通过打井，揭露地下河，找到丰富的泉水。

2. 堵截地下河。利用地下河沿途的有利地形，堵住地下河，兴建地下水库。

3. 提水。对于地下水出露高程较低，有水量但难以发挥出作用的水源，架抽水机械提水。

4. 蓄水。因丰水季节和用水量较少的时候，地下水有大量的弃余，为调余补缺，将山塘加以整修防渗后，在地下水量丰沛季节和用水低峰期，提取地下水灌塘，增大山塘的复蓄指数。

以上这些技术方法，有效地开发利用了岩溶地下水，是继承传统的挖泉、打井、提水、建坝、筑塘等技术方法，而又有很大的发展，充分表明了群众的聪明才智，所用方法能因地制宜，费省效宏，值得在南方广大的岩洞山区推广使用。

参考文献

〔1〕古传庆：《“山湾塘”的由来》，《四川水利》1997年第6期。

〔2〕侯文渠：《关于丘陵地区改造老式塘坝的几点意见》，《安徽水利科技》1980年第3期。

〔3〕陈国棨：《一种就地取材的好坝型——干砌石溢流坝》，《水利水电技术》1979年第3期。

〔4〕涂兴文：《黄河流域涝池塘坝的历史发展》，《黄河史志资料》1993年第1期。

〔5〕陕西省水土保持局编：《水土保持》，农业出版社，1973年。

〔6〕辛树帜、蒋德麟主编：《中国水土保持概论》，农业出版社，1982年。

〔7〕左振民：《坑塘建设是治理旱、涝、碱的有效途径》，《水利水电技术》1983年第2期。

〔8〕《淮河纪行》，上海教育出版社，1985年。

〔9〕陈麟君：《关于长藤结瓜式水利工程设计施工中若干问题的探讨》，《江西水利科技》1986年第2期。

〔10〕陕西工业大学水利系土力学及工程地质教研组编：《凿井与农业供水》，中国工业出版社，1961年。

〔11〕张正中等：《阜阳专区稻改田抗旱治漏的几个办法》，载《安徽抗旱经验》，安徽人民出版社，1958年。

〔12〕张天曾：《中国水利与环境》，科学出版社，1990年。

〔13〕北京市水利局：《北京平原地区水利建设成就和综合治理设想》，《水利水电技术》1982年第12期；郭培鋆：《河南省黄淮海平原治水问题》，《水利水电技术》1983年第1期。

〔14〕袁光耀、单丙忠：《引黄人民胜利渠灌区运用“井渠结合灌溉”调节控制地下水位》，《水利水电技术》1984年第7期。

〔15〕周昕：《论传统农机具在当代农业生产中的地位与作用》，《中国农史》1995年第2期。

〔16〕周昕：《介绍一种简易打井法——撞井》，《农业机械》1975年第4期。

〔17〕湖南省水利电力勘测设计院：《开发利用岩溶地下水的十种方法》，《水利水电技术》1978年第1期。

〔18〕苏国友：《岩溶干旱区地下水的开发利用》，《农田水利与小水电》1994年第5期。



第三章
传统圩垸水利和海塘工程技术的继承和发展

我国在低洼湖区、沿江平原和下游三角洲等地区营造圩田、规划水利的传统技术经验非常丰富。古代人民很早就创始了圩田工程技术，最早起源于春秋战国时的太湖地区。唐后期至五代吴越时期太湖地区已形成了五里或七里一纵浦，七里或十里一横塘，纵横塘浦交加圩田相接的景象。此时古丹阳湖地区亦建成一些大圩。宋代以后，圩田建设更加兴盛，并发展至长江中游两湖平原、珠江三角洲地区，开始讲究圩田修筑方法。明清时期有了系统总结筑圩技术和治理圩区水利的专著。这些卓越的技术经验在今天得到进一步的继承和发扬。

第一节　太湖地区圩田水利技术

太湖圩田修筑技术最早加以归纳总结的是北宋时知苏州的范仲淹，他提出"筑堤"、"浚河"、"置闸"为筑圩的三项基本技术措施，以后历代沿用，至今仍是修筑圩田应遵循的基本技术措施。宋代以后又出现了分区、分级控制和联圩并圩等圩区的治理技术。历史上太湖地区圩田建设兴盛，其技术经验也最为丰富。

太湖下游的苏州地区地势低洼，古人称："浙西之地，低于天下，而苏湖又低于浙西。"[1]为了外挡洪水，内围农田，修筑了大量的圩田。新中国成立后，苏州地区在继承前人技术经验的基础上，总结出圩区治理的"四分开，两控制"原则，即内外分开、高低分开、排灌分开、水旱分开，控制沟港水位、控制地下水位，以全面解决洪、涝、旱、渍各方面的问题。如苏州昆山市同心圩由低洼低产圩田改变成高产稳产农田，重要的就是正确采取了"四分开，两控制"的水利技术措施。

昆山同心圩是江苏省苏州地区太湖湖东水网圩区中的一个低洼联圩。圩形呈长方形，南北长3.5公里，东西宽1.8公里，总面积6.3平方公里（9 380亩），其中耕地面积6 300亩。圩内地势低洼，田面高程只在吴淞基面上2.3～3.3米，近半数农田低于汛期常水位，低于1954年洪水位1.7～0.7米。同心圩是1958年由许多零散小圩联并而成，联并前的各个小圩圩岸单薄，河网零乱，田块碎小，土壤板结，抗洪涝能力低。联圩时，加高培厚圩堤，同时开挖了一条长3.5公里的中心河，经整治水系，发展机电排灌，提高了抗洪排涝能力。1970年以后，又进行堤、闸、站、河、沟、渠、田、管、路、桥、林、村的综合治理规划，大搞农田基本建设，使低产圩田改变成高产稳产农田。采取的主要水利技术措施即为"四分开、两控制"[2]。

"四分开"是：

1. 筑堤建闸，内外河分开。由于圩内地势低洼，必须筑堤以防洪水。同心圩共筑堤11.8公里，把零星小圩联并成一个大圩，以缩短单位面积防洪堤线，并把全圩的河和田包围在一个大圩内。联圩并圩的原则是：（1）不影响外河交通要道；



(2) 不影响泄洪；(3) 圩内有一定水面积和河网调蓄能力，以提高防涝标准；(4) 尽可能使排灌站的输水渠道都能伸到田头，以充分发挥机电动力的排涝作用；(5) 适当照顾或调整行政区划，尽可能使全圩只辖于一个行政区，以利统一规划和管理。关于联圩具体面积，根据本地区实践，认为以 5 000 ~ 10 000 亩为宜，过大不便管理而有碍泄洪，过小则单位面积的防洪堤长显著增加。

联圩后，沿圩堤还要建套闸（小船闸），这样使内外河既能分开又能交通。关于闸的密度，认为对小于 10 000 亩的联圩来说，每 3 ~ 5 公里圩堤设一闸为宜。

2. 分级控制，高低片分开。同心圩内的田面高程，高低相差一米，为解决高低田排灌矛盾，在中心河上高低片分界处建一分级闸（节制闸），分全圩为南北二片，南片田面高程为 2.6 ~ 3.3 米，北片为 2.3 ~ 2.9 米。分片后南北二片可以分别控制水位，缓和了高低田之间的矛盾，这样可以实行“统一分级排涝，先低后高”的管理制度。排涝标准目前按“日雨 200 毫米，两天排出不成涝”（约相当于十年一遇频率）执行。同心圩的规划是：除使河网能调蓄 60 毫米降雨量外，还配备有 10 个排灌站，排涝流量达 5.35 立方米/秒，两天可排出相当于 140 毫米降雨量。动力安排低片多于高片，低片的排涝模数约为高片的二倍。因此排涝时，低片可先行排出，待低片出险后，再开启分级闸过水涵洞，放高片水进入低片而排出，使低片减少受淹时间和深度。

3. 沟渠配套，排灌渠分开。沟渠配套主要是田块的末级排水沟和末级灌水渠的配套。排灌分开就是使排灌各成系统，互不干扰。其关键在于有一个单独的排水系统常年用于排水，不兼灌溉，以解决排灌矛盾，提高灌溉质量，保证排水有出路，并为治渍打好基础。

同心圩的排水沟系，是采用“丰”形布局，改造利用老河网而成。一条长 3.5 公里，面宽 25 米，深 3.5 米的中心河，是圩区内的排水干河。这条干河除排水外，还可通航农船、养鱼和放养“三水”（水花生、水浮莲、水葫芦）。河东河西各有 15 条支河垂直于中心河，每条支河平均长 0.8 公里，面宽 12 米，深 3 米，可通小农船，间距 200 米左右。此外，还保留一些垂直于支河的老河，不影响灌溉，有利于排水或养鱼。河网密度原来为 4.4 公里/平方公里，整治后增大到 6 公里/平方公里，水面积则从 10% 减到 8%，这样的水面积可以调蓄 60 ~ 70 毫米的暴雨量。

灌溉渠系也采用二级布置，形状为“E”形，与“丰”形排水系统平行相间而又不交错。支河与支渠间距 100 米左右。中心河东、河西各有 3 个灌区，每个灌区控制 1 000 亩左右。每条干渠长不超过 1 000 米，大部为地下灰土渠，输水迅速，在久旱的情况下，每块田可以每天灌到一次水。

4. 调整土地，水旱田分开。一是将水田与旱地分开。为了解决水旱田之间的矛盾，把原来靠水稻田头、河边的旱地和坟地平整为水稻田，把少数旱地规划调整到村边。水稻田块从便利灌水、耕作、打农药而定，长 100 米左右，宽 15 米左右。

二是水旱茬口分开。为解决“旱包水”（当夏熟旱作物大部未收，秧田已下种，少数田块已插秧）和“水包旱”（当早水稻已栽，晚小麦未收）的矛盾，采用每隔四块田（约 60 米）开一条隔水沟，深一米。不同茬口尽可能以此沟为界将之分开，以免水田中的水渗入旱田根系活动层而引起渍害。为不妨碍机耕，最好将明



沟排水改为暗沟排水。

三是新村和大田分开。同心圩的旧村庄多数在田头老河道边，影响田间排水和机耕，因此根据规划在中心河两岸和东西圩堤边建起了四条平行的居民带，使各居民带与田块整齐划分开。这样的居住带形布局既分散又集中，便于生产和生活。

“两控制”是：

1. 控制圩内水位。控制圩内水位就是控制圩内河面的水位，以达到春天防渍、汛期防涝的目的。控制水位要高低片分别控制，麦作期要求控制在低于不同生育阶段适宜潜水位0.2米，即冬季低于田面0.7~10米，春季1.2米，使田间排水暗管口都露出水面。稻作期间的6~9月，多台风暴雨，平时控制标准为田面下0.8米，在得到台风紧急警报后，再进行特殊的预降措施，以提高河网调蓄库容。

2. 控制地下水位（指潜水位）。在控制圩内河道水位的基础上，采用田间深埋排水暗管的办法，以达到控制地下水位的目的。同心圩大部分耕地已埋设暗管，暗管埋深标准1.2米，底坡1/1000~2/1000，间距15米左右。一般一块田埋设一条，不串田埋设，以免种水稻时各田块水层通过暗管互相串联，并在出口段设置好控制阀门，以便开关调节稻田土壤水气状况。排水暗管的埋置深度为1.2米，这是据麦子返青至成熟期要求适宜的地下水埋深而确定的，一般在雨后3天以内可使麦田地下水位降到田面以下1米左右。

田间排水暗管的控制运用，稻作期和麦作期不同，前者控制调节土壤水、气状况，后者控制地下水位。

稻作期：在稻田需水时，关好暗管门，使暗管基本不漏水；水稻晒田时，打开暗管门，半天时间漏完田间水，3~4天晒好田，立即关暗管门复水，防止晒过头；水稻收割前2~3天，打开暗管门排水落干，便于割稻种麦。平时还可视水稻生长需要，灵活掌握暗管开启。如施化肥3天内不排水，以免肥料流失。

麦作期：秋种时根据不同情况分别处理。如果水稻收割后田地干爽，天晴无雨，应立即关好暗管门，使土壤保持一定水分，以利三麦出苗，如天气阴雨，土壤过湿，就打开暗管门排水，以免烂耕烂种。三麦齐苗后，特别在开春返青以后，一般使暗管畅通排水，直到收割。

同心圩使用的暗管是方形瓦管，每亩投资约10元，一年投资，当年回收，长期受益。暗管排于水田，麦子每亩可多收35~40公斤，双季稻每亩多收50公斤左右，单季稻每亩多收40公斤左右。

同心圩采用“四分开，两控制”水利技术对治理圩区洪、涝、渍害以及改善灌溉和促进增产都有显著效益。特别是地下排水技术，突破了传统圩田水利技术，具有很大的创造性。这一技术不但圩区适用，有渍害的平原区、山丘区、盐碱土地区也适用。

笔者20世纪70年代初曾到同心圩学习地下排水技术，深感这是一项有创造性的、简便实用的技术，这项技术被江苏省水利厅加以推广。到20世纪90年代，低洼圩区治理从联圩并圩，利用老河网，已发展到以治理涝渍为主，实行高筑圩，双配套（闸、站），四分开（内外分开、高低分开、灌排分开、水旱分开），三控制（控制内河水位、控制地下水位、控制土壤适宜含水量）。一些条件好的圩区，发



展田间“三暗”工程，进行暗灌、暗排、暗降，为农业的高产创造了基本条件。

第二节 安徽沿江圩区水利技术

安徽省沿江圩区，位于长江中下游，包括今安庆、芜湖、巢湖等地区，总面积12 096平方公里，圩田770万亩。这一地区圩田修筑的历史也很悠久，三国时期已兴修一些大圩，五代至南北宋时期，圩田修筑进入兴盛期，明清继续发展。这一地区修筑的官圩多，大圩多，积累了许多修筑大圩和联圩并圩等技术经验。新中国成立以来，圩区广大人民，通过疏河筑堤，联圩并圩，整修沟港水系、涵闸斗门和机电排灌站，水利条件有了很大的改善，促进了农业生产的发展。然而，由于圩区地势低洼，汛期江河水位常高出地面，容易发生洪涝灾害，圩区内高低田还存在旱涝矛盾。针对这些问题，人们在原有传统筑圩技术的基础上，继续探索进行治理的技术方法，提出了圩区治理的几条主要措施[3]：

1. 疏河筑堤，联圩并圩，内外分开，以解决防洪的问题。圩区的主要矛盾，是水高地低的矛盾，也就是洪水泛滥的问题。圩区群众在长期的实践中，认识到首先要搞好疏河筑堤，联圩并圩，解决内外分开的问题。疏河筑堤是提高圩区防洪标准，增加泄洪能力的一项有效措施。目前各地都规定了防洪标准，可按要求进行整治。联圩并圩既要考虑有利于防洪，又要考虑有利于排灌和航运。因此联圩的大小，必须根据各个圩子地理、水系的自然条件，因地制宜，拟订联圩方案，不能强求一律。如江苏省提出：“水网圩区联圩面积以五千到一万亩为宜，过大不便管理，而有碍泄洪；过小则单位面积的防洪堤线显著增加。”[4]这适用于长江下游太湖流域的圩内，因太湖流域圩内的特点是地面低，地下水位高，河网密布堤身矮小，洪枯水位的变幅只有2米左右，存在的问题主要是涝渍的问题，防洪问题一般年份不是很突出，因此圩子的面积可以较小，这样既有利于分片排涝，又不致给防洪带来很大的负担。但是位于长江中下游的安徽沿江圩区，情况就大有差别，圩区的特点是堤身较高，洪枯水位变化幅度较大，一般达7~8米，有的甚至超过10米，因此防洪是它的主要矛盾，每逢汛期防洪紧张，因此联圩面积应大一些，一般在3~5万亩，最大达到30万亩以上（如无为上下九连圩），但是圩子过大，对排涝和灌溉常带来一系列问题，因此要根据各个圩子的具体情况，进行分析研究，制订切实可行的方案。

2. 分级控制，分区排水，高低分开解决排涝的问题。一般沿江圩区其地形特点是四周高，中间低，降雨时径流由高地流向低田；排涝时涝水由低田提升到高地。圩区排灌站多设在圩的四周，这样就常形成高水先排，低水后排，圩心低洼地区积涝成灾。要解决这个矛盾，必须分级控制，高低分开，分片排水。其具体措施，是采取整修圩内港塘、堤埂，建控制闸，分片建排灌站等。如和县沈巷政府，在高低片之间开了一条高排沟，在江水较低时，高片可自排出江，以减轻低片排涝压力；在江水较高时，由分片排涝站排出，效果很好。圩区排涝站的布局，要根据圩子地形水系条件，因地制宜布设。如圩子较小，地势平坦，沟港小的情况下，可采取一圩一站，排灌装机结合。在地势平坦，沟港多的情况下，可采取集中排涝，



分片灌溉。如圩口地势高低不平，则应分片设站，高水高排，低水低排，一般排灌站控制面积以 3 000 ~ 5 000 亩较为适宜。

3. 建立完整的排灌系统，排灌渠系分开，解决涝、旱、渍的问题。排灌渠系分开，目的在于解决排涝和灌溉的矛盾。排灌沟渠合一，排影响灌，灌影响排，形成抗旱引外水引起涝灾，排涝腾空底水引起旱灾，因此在圩区治理中，排与灌必须统筹兼顾。圩区的灌溉系统，要因地制宜布设。圩子较小，布设一个灌溉系统，集中抽灌。圩子较大，可采取分片灌溉，以达到灌水及时，又减少渠道土方和交叉建筑物的效果。灌溉水源，大站多引外河水，小站多引沟港水。为防止引起内涝，要严格控制圩内沟港水位，一般汛期要求控制在地面以下 1.0 米，作为蓄涝库容，地面以下 1.0 ~ 1.5 米之间作为灌溉库容，地面 1.5 米以下，作为死库容，以发展养鱼和通航。这样既预留了一定的蓄涝库容，又考虑了一定的灌溉库容，解决了库容在排灌之间的矛盾，合理使用了内外水的水源。

4. 农业合理区划，作物连片种植，水旱分开，解决防渍的问题。水旱地分开，主要应根据圩区的地形、水系、土壤等自然条件决定。一般圩子的地形呈四边高、中间低的状况，群众多在地势较高、排水条件好、土质透水性大的沿圩埂一带的沙性土上种植小麦、油菜和棉花等旱粮和经济作物，而在地势较低、排水条件较差、土壤黏性重的圩心田种植水稻。水旱分开，可满足水旱作物的防渍要求，为此要做出合理的农业区划。

5. 控制沟港水位，解决涝渍问题。控制沟港水位，其目的在于汛期防涝和春季防渍问题。对沟港水位的控制运用，圩区内的群众有很丰富的经验，提出“夏水不可留，春水不可丢”的说法，不同时期根据江水的变化规律和农作物生长的要求来控制圩内沟港水位，其做法是：（1）在冬季可容蓄雨水，沟港水位控制在地面以下 0.5 米左右，这既不影响小麦和油菜旱作物的生长，又有利于圩区冬季捞泥上田和春季泡田用水。（2）在 3 月底 4 月初开始抽水泡田，结合腾空沟港底水，逐步降至地面以下 0.8 ~ 1.0 米。（3）在 4 月中下旬开始，在江水还未上涨以前，抓紧预排，腾空沟港底水，至地面以下 1.0 米，以防止江水上涨，不能自流排水。（4）在汛期 6、7、8 三个月，采取抽水预排，经常保持蓄涝库容，以承接暴雨。（5）9 月份以后，可以逐渐抬高沟港水位，控制在地面以下 0.5 ~ 0.8 米。这样的控制运行方式，既考虑了汛期防涝和春季防渍，又兼顾到圩区灌溉用水的需要。

6. 控制地下水位，解决防渍的问题。圩区作物主要是水稻，也有小麦、油菜和棉花等旱粮和经济作物，旱粮对地下水位的要求严格，水稻对地下水位也有一定的要求。有些圩区由于地下水位高，致使土壤含水量长期饱和，结构破坏，通气不良，造成缺氧烂根，水肥气热不调，作物病多早衰，穗小粒轻产量低，成为圩区产量上升不快的一个重要原因。江苏苏州地区和广东佛山地区经验证明，降低地下水位，对增产潜力的影响很大，它可以促进土壤中水分和空气流动，使作物多吸收养分，促进分蘖，助长根系发育，同时可以排出土壤中有害物质，并可提高地温，促进肥料分解，增强防病抗腐能力。因此，必须控制好各种作物各生育阶段的地下水水位。

圩区控制地下水水位采用的方法，一般是在田间深埋排水暗管。采用排水暗管

降低地下水位优点很多，特别对于地势较低，地下水位较高，土质透水性较差的圩子来说，有其独特的作用。如圩区地势较高，也可采用明沟排水，因明沟排地表水比暗沟快，或采取明暗结合的方法。

可见，安徽圩区主要解决的仍是洪、涝、旱、渍等问题，需统筹兼顾，全面解决，重点突出解决防洪问题。采取的措施，在防洪上要搞好疏河筑堤，在除涝上狠抓排灌分开，在防渍上搞好地下水控制。当地认为圩区的治理措施，总的仍是采用“四分开、两控制”（或三控制）的办法。各个圩子再根据自身特点，因地制宜，灵活规划治理。

第三节 湖北四湖流域整治和圩区治理

四湖地区位于江汉平原腹地，因区内有长湖、三湖、白露湖及洪湖而得名。今垸内面积 10 375 平方公里，耕地约 800 万亩，人口 400 万。四湖流域的地形，西北上游为丘陵，海拔高程 40 米以上，东南中下游为平原湖区，高程为 24 ~ 36 米（吴淞高程），平原湖区占总面积 77%。见图 5 – 3 – 3 – 1。

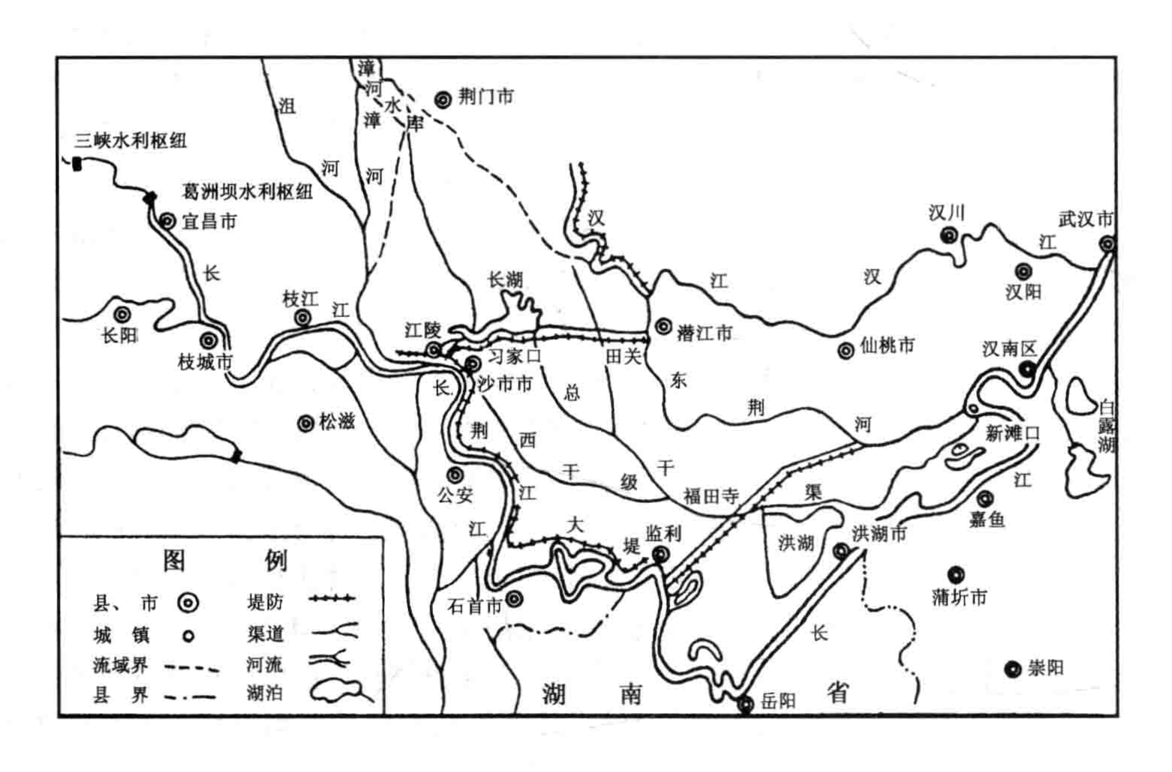


图 5 – 3 – 3 – 1 湖北省四湖流域水系简图

（采自《农田水利与小水电》1993 年第 7 期）

历史时期两湖平原在江河泛滥冲积，湖泊淤积衰亡的过程中，不断围垸垦殖，尤其是明清时期围湖筑垸十分兴盛，但由于盲目围垦，致使圩区水系紊乱，蓄洪面积大为减少，洪涝灾害显著增加，为此曾进行治理，大力修筑荆江大堤和圩区垸堤，开挖排水河道，兴建排水闸，实行人工控制调节。但四湖平原湖区为“大平小不平”的蜂窝状、盆碟式地貌，河湖港汊，水系纷繁，汛期江河水位普遍高于地面 5 ~ 8 米，垸内涝水不能自排，所以洪涝灾害仍是频繁。春季为增加蓄涝容积，垸内河湖不能蓄



水太高，如4~5月份降雨少，江河水位低，沿江涵闸不能进水，则出现春旱。为此，新中国成立以后又继续进行流域整治[5]，大体采用以下一些方法：

1．控制外洪倒灌。四湖上游属丘陵区，汛期洪水直落长湖。同时外江洪水倒灌长湖，使四湖中下游地区处于洪水的包围之中，垸内洪水外排受顶托，洪涝灾害严重。治理四湖的第一步就是控制长湖、东荆河的汛期洪水倒灌。由于四湖地处荆江北岸，长江自沙市到新滩口绕四湖流程450公里，而沙市至新滩口内垸直线距离仅185公里，该处长江水位较低，正常年份有八个月时间垸内汇流可自流注入长江。因此，新滩口是四湖流域理想的自排水口。于是1959年在新滩口建排水闸，使外洪倒灌问题得到解决。

2．治理内涝，兴建排灌渠系。四湖地区形成涝灾的主要原因：一是外江水位高，垸内汇流不能外排；二是垸内河道弯曲狭窄，虽有众多湖泊可调蓄，可是汇流入湖的时间较长，于是对现有河网进行整治。先后拟建总干渠、西干渠、东干渠及田关河等主要排水干渠，新滩口、田关等主要排水闸。在灌溉方面沿长江、汉江、东荆河兴建了万城、观音寺、颜家台、赵家堤、兴隆镇、白庙等33座引水闸及配套渠系，于是确定了四湖地区排水和引水工程的格局。

3．实行以湖垸为单位的分垸治理。四湖地区已形成河、湖、闸站组成的大型排灌系统，但干支排灌沟渠将高地与低地串通，这种大水系与“盆碟式”地形不相适应，排灌蓄降矛盾比较多。一是高田与低田排灌矛盾，排涝时高田的水无节制地进入低田排水沟，低田难以排至作物耐淹水深，往往高地要抗旱，而此时低田还受涝；灌溉时，由渠道下游进水，低田逼水上田，而高田还无水灌溉。二是低田为了提高排涝标准而建小泵站，排水入电排渠，致使电排渠水位抬高，高田失去自排能力后也建排水站，泵站的位置越建越高。三是不少泵站的控制范围超过了它的排灌能力，效益不显著。因此要建立以湖垸为单元的水利化小区，既分而治之又统筹安排，这是四湖地区农田水利建设的主要方向，为此进行了分区分片分垸分块治理，而以圩垸为基本治理单元。

如监利县农田水利系统划分为四级——一级区、二级片、三级垸、四级块。

一级区的划分原则：以主要内河及干支堤为区界线。监利县以四湖总干渠、西干渠、洪排主隔堤、东荆河堤、荆江大堤、长江干堤为分区界线。全县自然分割为六个排灌区。

二级片划分原则：按一级排水站控制范围划片；按排水出路划片；适当照顾乡镇行政边界线。监利县划分为19个片。

三级垸划分原则：根据现有水系和地形地貌特征来划分垸。每个垸的大小平均30平方公里左右，小的垸仅5平方公里，大的垸可达50平方公里。一个垸内部田面高差一般不超过1.5米，否则垸内的高田与低田要分开，划出四级块，分块控制。垸的界线适当照顾村、组行政边界线，每个垸是一个治理单元，具有相对独立的水系，有一定的排、灌、蓄、降调控能力。划分垸要求对现有水系修改最少，依靠垸堤、公路、沟渠、节制闸等，使湖垸相互划开。垸与垸之间渠系相通，涵闸相连，既分得开又互相联系，能够统一调度运行。监利县按照这些原则划分了100个垸。



4．加强洪湖和长湖的治理。洪湖和长湖占四湖地区现有水面的70%以上，洪湖现有湖面353平方公里，是湖北省的最大湖泊；长湖现有湖面约150平方公里。因此对两湖加强治理，以促进湖泊整体多功能开发。新中国成立以来的围湖造田和围湖养鱼，使洪湖水面面积由近700平方公里减少到353平方公里，长湖水面由230平方公里减少到150平方公里，其他湖泊基本围垦殆尽，在一定程度上已造成恶性循环，破坏了四湖地区生态环境。因此两湖的治理方案，确定建立在多功能综合效益最佳和延长两湖寿命为准则的基础上，严禁继续围湖造田。

此外，还提出加强流域的综合管理，建立健全管理机构，制定相应的法规，以取得总体最佳整治效果。

可见，四湖流域的圩区治理已从传统的挖河筑堤，建闸排水，进入流域整体治理和分垸治理相结合的阶段，并逐步使圩区水利系统的结构优化，以保证系统的整体良好效能，提高排、灌、蓄、降的标准，达到抗御较大洪涝灾害的目的。

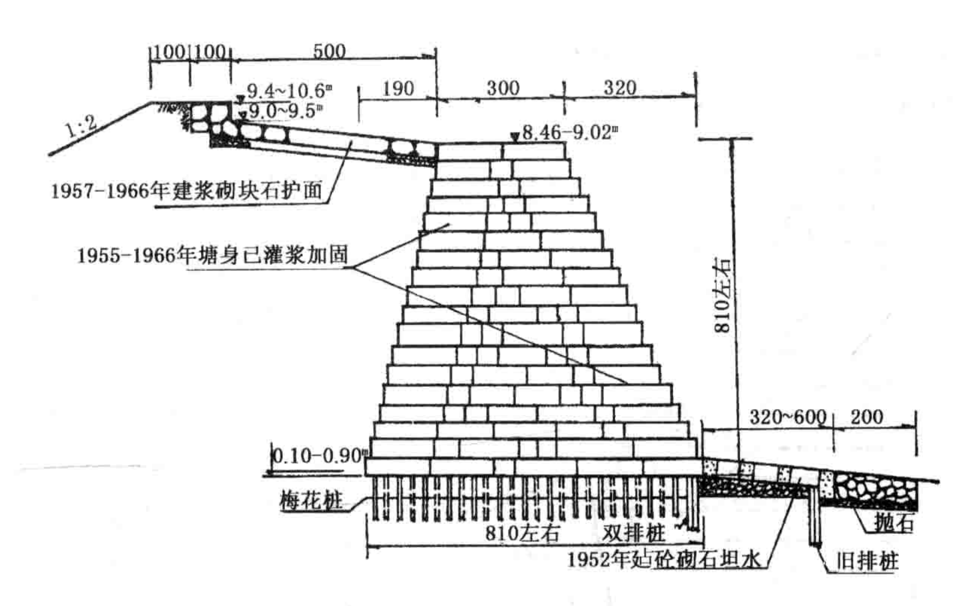
第四节　传统海塘工程技术

我国在东南沿海很早就开始修筑海塘工程，防御海潮的侵袭，保护肥沃农田、众多城镇和广大人民群众的安全，江浙海塘是修建的重点地段。修筑海塘的记载最早见于北魏郦道元《水经注》，东汉时已在钱唐县建防海大塘。三国时孙吴在金山筑咸潮塘，唐代时已在江浙沿海建成系统海塘工程，五代以后，历经宋、元、明、清各代，频繁地兴修海塘，不断改进海塘结构。五代以前所筑海塘都是土塘，之后海塘结构从土塘逐步发展到竹笼木桩塘、柴塘、斜坡式石塘、直立式石塘、鱼鳞石塘等。每一类海塘结构又有多种形式，以适应不同的潮势和土质，同时还修筑了护塘、护滩和挑溜工程。

1．传统鱼鳞石塘的维修加固。目前江浙海塘，仍有土塘、各种柴塘和石塘，有些是清代一直沿用到现在。如鱼鳞石塘，自明代创建以来，经清代不断改进和发展，结构更加牢固。清光绪六年（公元1880年）前后，在海盐县南台头地段，修建了“双盖桩基鱼鳞石塘”[6]，这种结构形式的海塘，是由“鱼鳞大石塘”发展而来的，其塘身结构见下页图5－3－4－1。这种石塘，塘身结构形式和塘基结构与以前的鱼鳞大石塘比较变化不大，但塘顶用了两块盖面石，使顶面增宽了，可以避免涌潮激起的潮浪冲刷回淘塘顶后部附土，保证大塘安全。双盖鱼鳞石塘使得塘身断面也增大了，从而增加了海塘的自重，增加了结构的稳定性，遇涌潮时能更好地抵御海潮的冲击，退潮后能更好地抵御塘身后部附土产生的主动土压力。这种双盖鱼鳞石塘一直沿用至今。新中国成立后，1955年到1966年之间，对塘身砌石进行了灌浆加固，加强了整个大塘的整体性和结构强度。另外，在塘顶盖面石层面于1957年到1966年间加砌了浆砌块石护面，更好地保护了塘身后面的附土不被潮浪冲刷回卷掉。1952年在迎水面塘脚处，做了混凝土砌石坦水，防止潮浪冲刷塘基，整个大塘更加稳固安全了。

清光绪十年（公元1884年）至光绪十六年（公元1890年）间，在海盐县邓衙桥一带修建了“条石桩基鱼鳞石塘”，见下页图5－3－4－2。这种海塘，塘身由



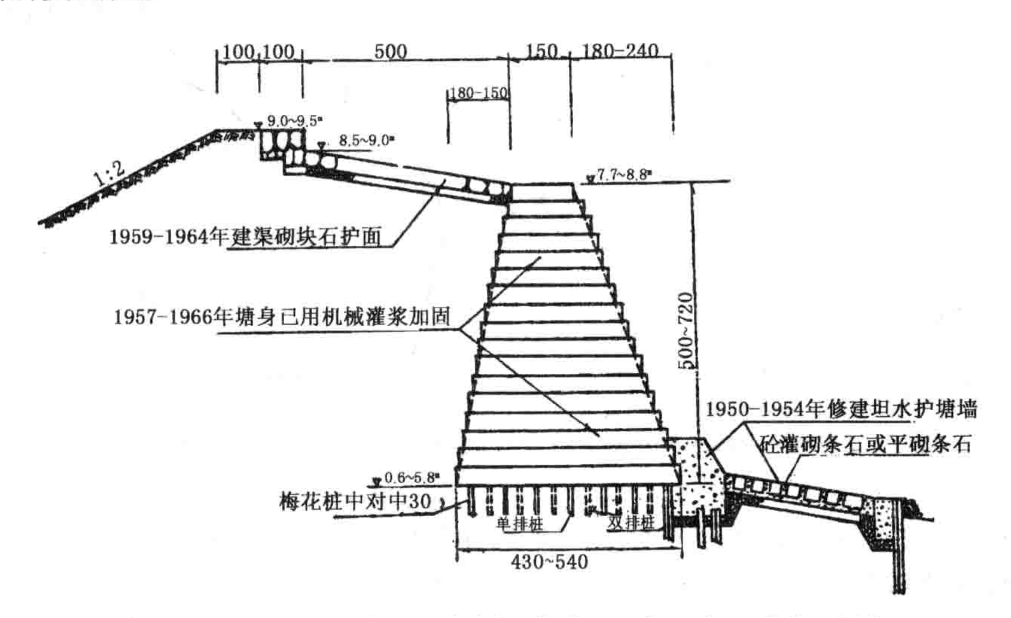


清光绪六年(公元1880年)前后建　　单位：厘米

图5-3-4-1　清代海盐双盖桩基鱼鳞石塘图

（选自"钱塘江海塘（围堤）塘身代表断面图"）

条石叠砌而成，结构紧密、可靠，一直沿用至今。1957年至1966年间，对塘身砌石进行了机械灌浆加固，加强了塘身的整体性和结构强度。1959年至1964年，对塘顶盖面石后面采取浆砌块石护面，保护了塘身后面附土不被冲刷回卷。在迎水面塘脚处，1950年到1954年修建了坦水护塘墙，保护塘基免受潮浪淘刷，增加了整个大塘的安全性。



清光绪十年(公元1884年)至十六年(公元1890年)建　　单位：厘米

图5-3-4-2　清代海盐条石桩基鱼鳞石塘图

（选自"钱塘江海塘（围堤）塘身代表断面图"）

清代修建的条块石塘和鱼鳞石塘，"到目前浙西海塘尚有80公里，仍屹立海滨"[7]，主要分布在海宁、海盐两县的迎风顶浪和涌潮地段。



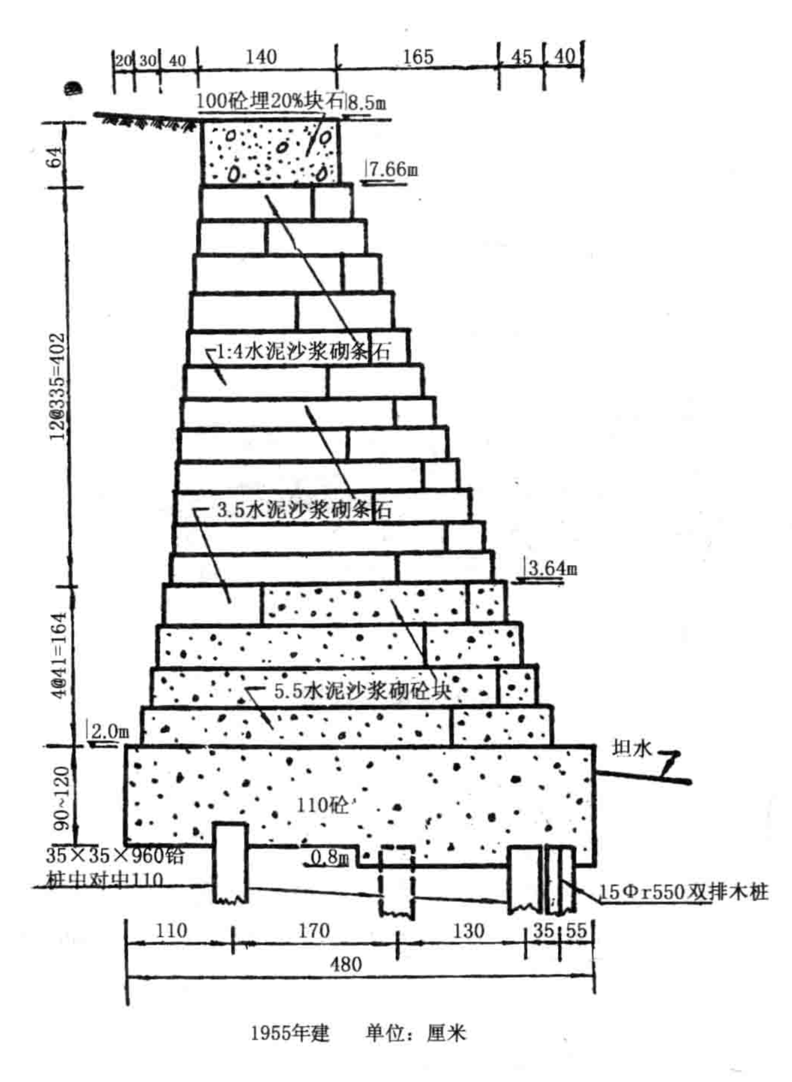


图 5－3－4－3　海宁户封字号新鱼鳞石塘断面图

（选自“钱塘江海塘（围堤）塘身代表断面图”）

2. 建造“新鱼鳞石塘”。新中国成立后继承了“鱼鳞石塘”这种形式，在材料等方面加以改进，建筑了“新鱼鳞石塘”。如 1955 年在海宁县建筑的“新鱼鳞石塘”[6]，见图 5－3－4－3。塘身采用了水泥砂浆砌条石（上部）和水泥砂浆砌混凝土块（下部），塘顶盖面石和塘底盖桩石均为混凝土块，基桩采用钢筋混凝土桩，这样的海塘工程更能抵御汹涌海潮的冲击。在海盐、海宁、平湖、绍兴等地也修筑了一些不同形式的“新鱼鳞石塘”。可见结构坚固、耐久的“鱼鳞石塘”，今后仍是一种可继续采用的较好的海塘结构形式。

总之，根据不同的海岸地质和动力条件，因地制宜采用各种不同的海塘工程结构，传统海塘工程技术仍有许多值得借鉴的方面。

参考文献

〔1〕元·任仁发：《水利集》，载《农政全书》卷一三。

〔2〕朱正文：《低洼圩区吨粮田建设中的水利措施——四分开两控制》，《水利水电技术》1979 年第 7 期。

〔3〕张之丽：《沿江圩区洪涝灾害成因及其治理措施》，《安徽水利科技》1980 年第 2 期。

〔4〕江苏省水利局：《圩区的规划和治理》（内部文件）1975 年。

〔5〕冯定坤、镇英明：《四湖流域整治战略及其阶段的划分》，《农田水利与小水电》1993 年第 7 期。汪训孝：《分垸治理和调整结构是四湖地区水利建设的发展方向》，《农田水利与小水电》1992 年第 12 期。

〔6〕黄宗壁：《鱼鳞石塘的结构及其影响》，载《太湖水利史论文集》，1986 年。

〔7〕江苏省水利厅、水利学会：《中国古代太湖水利技术成就·海塘工程》，《江苏水利科技》1983 年第 2 期。



后 记

1997年6月1日，我在南京家中突然接到北京长途电话，电话是由中国科学院自然科学史研究所何堂坤先生打来的。他在电话中以《中国古代工程技术史大系》副主编的身份介绍了“大系”项目的大致情况，拟邀我承担“大系”分卷《灌溉工程技术史》的撰写任务。当时感到此工作意义大，但任务重，要求高，有较大的难度。然而考虑到自己有多年这方面工作的资料积累，也撰写过多部有关著作，许多古灌溉工程遗存也实地考察过，衡量再三，决定知难而上，将任务接受下来。之后数载的春夏秋冬，寒暑往来，主要的时间皆投入本书的写作之中，又跑南京图书馆、河海大学和南京大学图书馆等单位广泛查阅资料。为了不延误交稿，只能抓紧时间工作，可以说这些年已无节假日可言，节假日反而成为写作的好时段，为了挤时间，还减少许多应酬活动。经过日积月累的伏案写作，到2003年春节期间，书稿得以全部写出誊清好。这样从开始接手至完稿，先后历时五载又九个月。由于《灌溉工程技术史》是有关水利工程技术的专史，专业性强，自己是专搞农田水利史研究的，故而本书80多万字全部由我一个人进行撰写，并搜集和绘制了近200幅图，此工作的艰辛可想而知。

在本卷的撰写中本人尽量按“大系”的要求进行，但是因领会不够，水平有限，也许不能完全符合要求。加上各项工作繁忙，时间紧，经费有限，故实地调查研究得不多，主要依靠历史文献资料和考古资料，以及参考已发表的论著撰写，传统技术则多利用别人的调查试验研究成果。

本书撰写工作，得到自然科学史研究所何堂坤研究员的多次指点帮助。承蒙水利水电科学研究院周魁一教授的推荐及审阅提纲，提出修改意见，中国科学院地理科学与资源研究所钮仲勋研究员认真审阅了全部书稿，指出了不少具体中肯的意见，这些都有助于书稿质量的提高。复旦大学邹逸麟教授、河海大学查一民教授、黄河水利委员会张汝翼高级工程师赠予有关书籍，南京农业大学杨坚博士、周帮君博士也帮忙做了些工作。在此，谨向上述和所有为本书提供过帮助的各位先生致以衷心的感谢。

张 芳

2003年2月初稿

2004年2月修订稿

组织者的话

《中国古代工程技术史大系》（简称“大系”）是1995年由中国科学院自然科学史研究所开始策划，1997年正式开始运作的，是中国科学院“九五”立项的重大课题。参加编撰的单位有：中国科学院、中国军事科学院、中国国家博物馆、中国水利水电科学研究院、中国制浆造纸研究院、中国钱币博物馆、中国科技大学、中国矿业大学北京研究生院、中国美术学院、清华大学、南京农业大学、西北农业大学、浙江理工大学、长江水利委员会、云南省轻工设计院、湖北省文物考古研究所、吉林省博物馆、福建省造纸总公司、福州纸业公司、广州市番禺博物馆、四川省自贡市盐业博物馆、河北省铅安市党校文史教研室等有关科研单位和高等院校。“大系”最初设计为10个学科，即采矿、冶铸、机械、建筑、纺织、陶瓷、水利、兵器、日用化工、造纸印刷，大体涵盖了中国古代工程技术的一些主要部门。

“大系”的内容包括三大方面，即：（1）工程技术史，（2）传统技术，（3）技术与社会的关系和技术思想。“大系”的目的，一是增进我们对我国古代工程技术发展状况及其杰出成就的了解，二是使今人能在历史的经验和教训中得到一些有益的启迪和借鉴，并为现代生产和科研服务。《中国古代工程技术史大系》之“大”有两层含义，一方面是言其包含的学科稍多，更为重要的是望其“有容”也。《尚书·君陈》：“有容，德乃大。”

“工程”、“技术”这两个词汇都是产生较早的。“工程”原泛指一切工作、工事和有关程式。《新唐书》卷一二六“魏知古传”：“会造金仙、玉真观，虽盛夏，工程严促。”此指一般工作。《元史》卷一九0“韩性传”：“所著有读书工程，国子监以颁示郡邑校官，为学者式。”此当指某种程式。《红楼梦》卷十七：“园内工程，俱已告竣。”此指与建筑、装修有关的工事。“技术”原指技巧、技艺和方术。《说文解字》：“技，巧也。”《玉篇》：“技，技艺也。”《礼记》卷十三“王制”篇说“技”包括祝、史、射、御、医、卜、百工七个方面。《汉书》卷三十“艺文志·方技”说到过“技术”一词：“汉兴有仓公，今其技术晻昧。”这显然是指医术、技艺。历千百年后，虽然这两个词汇的含义都有了一些发展和变化，但大体上依然承袭了原有的含义。本丛书中的“工程”，多数是“工事”和“程式”的意思，“技术”则较接近于“百工”的技艺和技巧。

“大系”内容的时间范围是从原始社会到1840年，但“传统技术”不受此限，因它指的是古代早已产生，至今仍在沿用，并发挥积极作用的生产技术。

“大系”采用各卷主编负责制，在整个学术活动中，皆遵从“百花齐放、百家争鸣”的方针。

用现代科学的观点来研究我国古代工程技术史之事约始于民国初年。当时，各门现代科学技术皆已传入我国，我国的第一批产业也已出现，第一批具有现代科学知识的工程技术队伍亦开始形成，便为工程技术史研究打下了良好的基础。从民国初年至20世纪末，我国古代工程技术史研究大约经历了四个阶段，即萌芽期，约相当于民国初年至20世纪20年代；初步发展期，约相当于20世纪三四十年代；健步发展期，20世纪50年代至70年代初期；蓬勃发展期，约相当于20世纪70年代中、后期至90年代。我国古代工程技术史研究能取得今日之成果，一方面得益于先人创造的光辉业绩，另一方面则是由于近百年来几代中、外学者，其中包括科技史工作者和考古工作者等的共同探索和努力。

“大系”在策划、立项和编撰过程中，得到了上述参与单位和山西教育出版社的许多支持，本书顾问及科技史界有关学者都给予了许多帮助。其中尤其是我国科技史研究的老前辈、中国科学院院士钱临照先生，以及中国科学院院士席泽宗、雷天觉、汪闻韶、中国工程院院士韩德馨诸位先生，山西教育出版社历任社长总编任兆文、王宇鸿、左执中，责任编辑王佩琼诸位先生，给予了许多支持和帮助。对所有这些支持和帮助，我们将永远铭记，并表示衷心的谢意。

《中国古代工程技术史大系》编委会



中国古代

灌溉工程技术史

ZHONGGUO GUDAI
GUANGAI
GONGCHENG JISHUSHI




ISBN 978-7-5440-3623-8

9 787544 036238 >

定价：129.00元